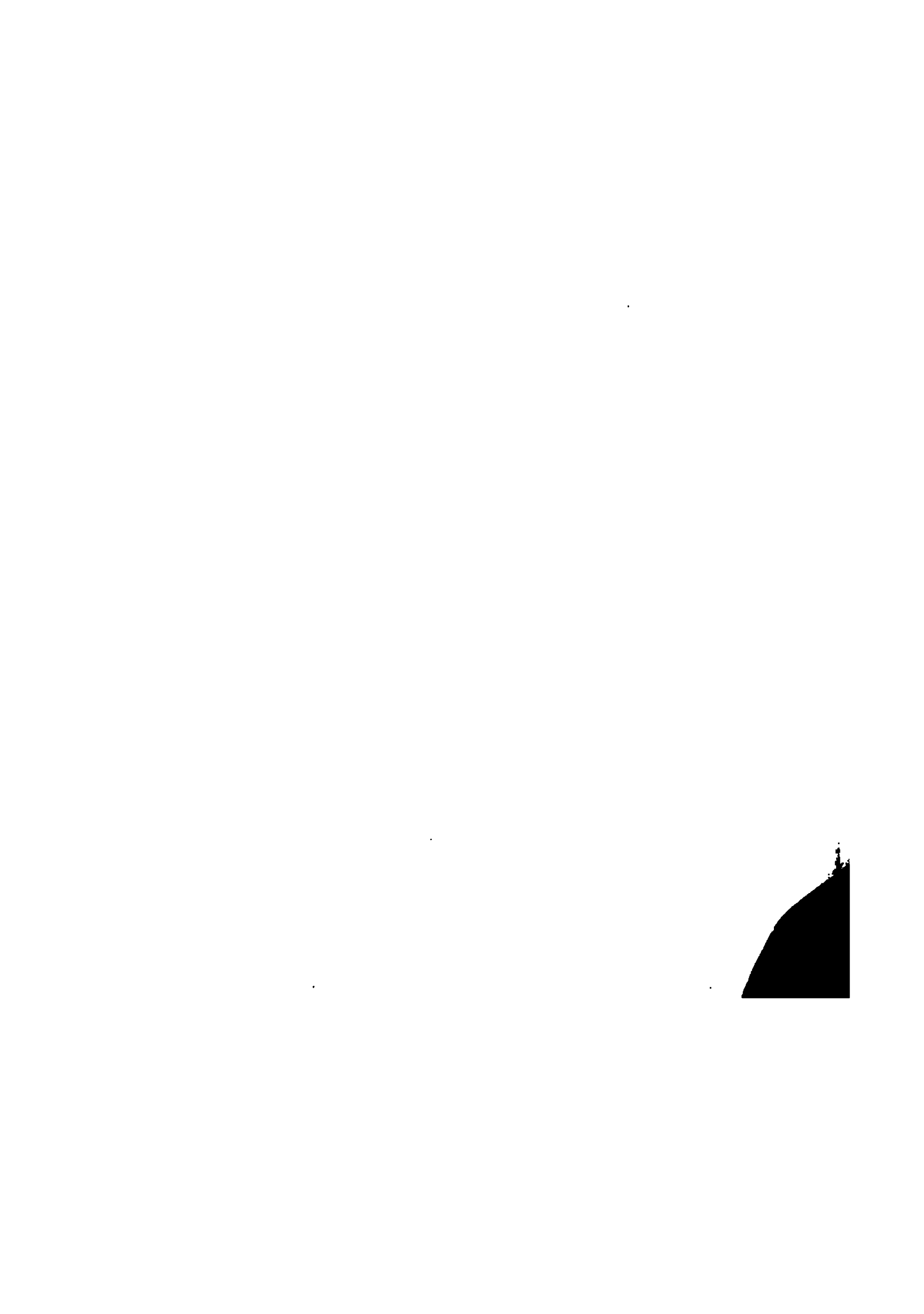








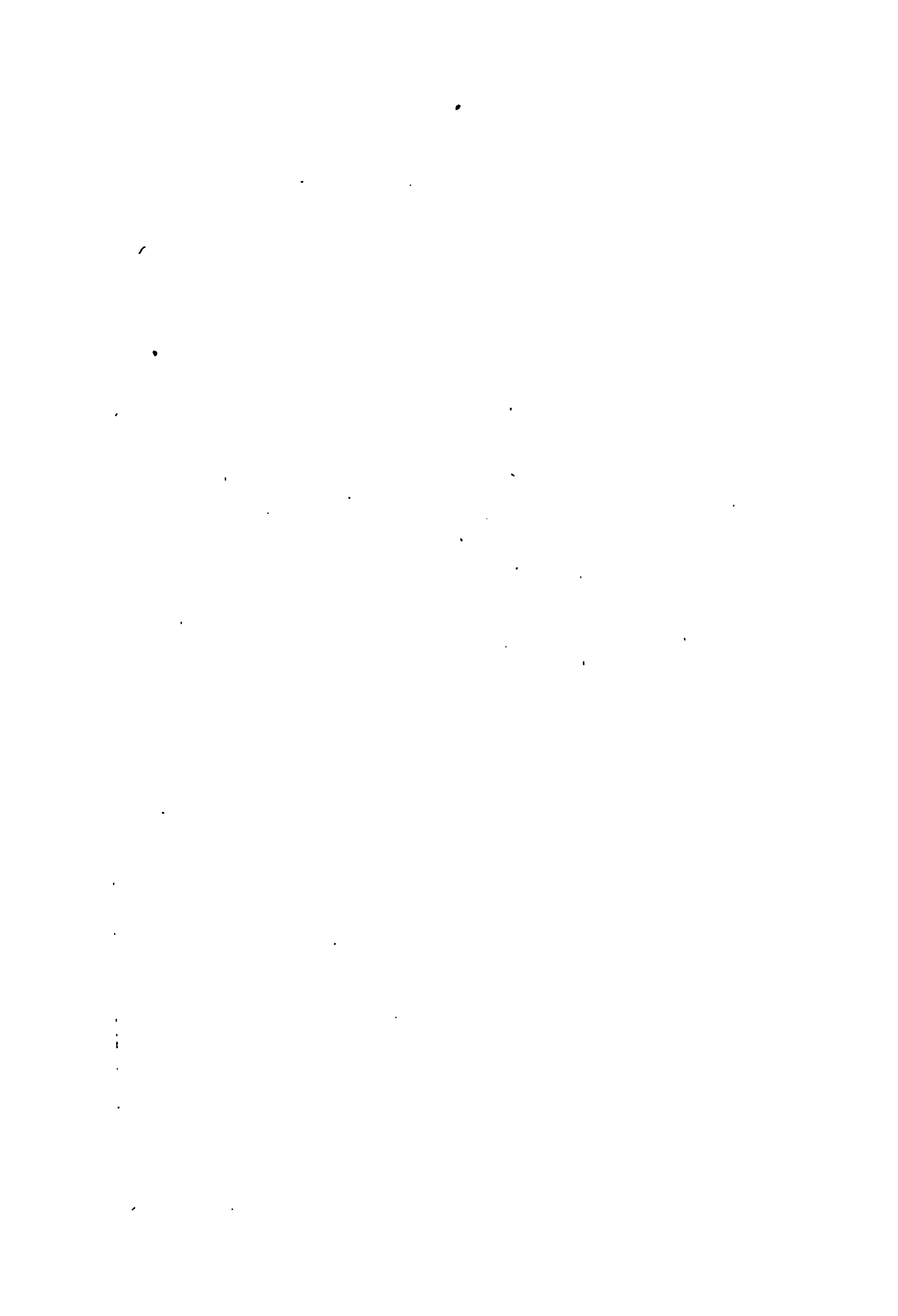






ANNALEN
DER
PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LVII.



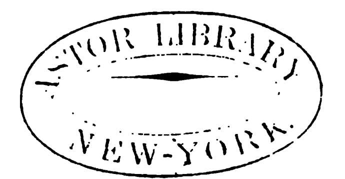
ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE.



HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

J. C. POGGENDORFF.

57

SIEBEN UND FUNFZIGSTER BAND.

DER GANZEN FOLGE HUNDERT DREI UND DREISSIGSTER.

NEBST DREI KUPFERTAFELN.

LEIPZIG, 1842.

VERLAG VON JOHANN AMBROSIUS BARTH.











ANNALEN

DER

PHYSIK UND CHEMIE.

BAND LVII.

Nachweis zu den Kupfertafeln.

ANNALEN №. 9.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LVII.

I. *Ueber das Latentwerden des Lichts; von Ludwig Moser.*

Ich werde im Folgenden beweisen, dafs es so gut ein latentes Licht gebe als eine latente Wärme, dafs beide unter denselben Umständen entstehen, unter denselben Umständen in den freien Zustand übergehen, und dafs, wenn ein Körper seinen Aggregatzustand ändert, man diefs nicht mehr ansehen könne, als allein durch die Wärme bedingt; das Licht nimmt ebenfalls Theil daran. Für das latente Licht mufs ich freilich dieselbe Vergünstigung in Anspruch nehmen, die man der latenten Wärme längst bewilligt hat, nämlich die Frage unbeantwortet lassen zu dürfen, wie man sich einen solchen Zustand denken solle. Seitdem Deluc und Black in der Mitte des vorigen Jahrhunderts die latente Wärme entdeckten, ist nichts geschehen, diefs so seltsame Verhalten einer Kraft begreiflich zu machen; und doch hat man blofs aus dieser Ursache das Factum nicht in Abrede stellen können. Eben so wenig wird man, wie ich hoffe, die Unbegreiflichkeit eines gebundenen Zustandes des Lichts als eine Instanz gegen die Existenz desselben geltend machen. Die Beweise sind in beiden Fällen wohl gleich bündig. Allerdings bringt es die eigenthümliche Lage, in welcher sich die Sphäre des Lichts befindet, und welche keine eigentliche Bestimmung der Intensität erlaubt, mit sich, dafs auch bei dem latenten Licht quantitative Messungen nicht möglich sind. Dafür jedoch glaube ich die Kenntnifs des letzteren in einer anderen Rücksicht so entwickeln zu können, wie es mit der latenten Wärme bis jetzt nicht gelungen ist, und selbst nach den grofsen Ent-

deckungen Melloni's in der Wärmelehre sobald auch nicht gelingen dürfte.

In dem Aufsatz über den Prozefs des Sehens u. s. w.[1]) habe ich gezeigt, dafs das Niederschlagen von Dämpfen ähnliche Wirkungen auf die condensirenden Körper übe, als das Licht. Es bedarf jedoch jetzt einer neuen Definition dieses Agens, weil, nachdem ich das Vorhandenseyn unsichtbarer Lichtstrahlen nachgewiesen, die Retina aufgehört hat, die entscheidende Instanz dafür abzugeben. Die allgemeinste Definition, welche ich für jetzt aufzustellen vermag, wäre diese, dafs durch das Licht die Oberfläche aller Körper so modificirt werde, um die Dämpfe anders als sonst zu condensiren. Eine Platte jodirten Silbers, welche die Wirkung der Lichtstrahlen in einer Camera obscura erfahren, giebt, wenn man sie nachgehends den Quecksilberdämpfen aussetzt, ein einfaches Beispiel für diese Definition.

Man gestatte hier, wo ich genöthigt bin, für das Licht eine bestimmte Definition aufzustellen, einen vergleichenden Blick auf die Sphäre der Wärme, wodurch der Werth derselben besser zu würdigen seyn möchte. Der menschliche Organismus wird von beiden Kräften, vom Licht wie von der Wärme, afficirt, und giebt im Allgemeinen über ihr Vorhandenseyn Aufschlufs. Allein so wie man sich genöthigt gesehen hat, von den subjectiven Empfindungen der Wärme zu abstrahiren, so mufs man es nunmehr auch in Bezug auf das Licht. Obgleich das Auge aufserordentlich empfindlicher für die letztere Kraft ist, als das Gemeingefühl für die Wärme, obgleich dasselbe sogar die relativen Grade der Brechbarkeit zu unterscheiden vermag, so entgeht ihm doch eine Gruppe von Lichtstrahlen ganz, die eine gröfsere Brechbarkeit als die gewöhnlichen prismatischen Strahlen haben. Somit genügt das menschliche Auge der Aufgabe nicht, das Vorhandenseyn von Lichtstrahlen in einem bestimmten Falle nachzuweisen, und sogar innerhalb der Gruppe der

1) Im Heft VI. dieses Jahrgangs.

ihm zugänglichen Strahlen behauptet es Verhältnisse der Intensität, welche von der Mehrzahl anderer Körper nicht bestätigt werden, und die entweder von dem eigenthümlichen Bau der Retina, oder davon herrühren, dafs diese Nervenhaut nicht unmittelbar den Lichtstrahlen ausgesetzt ist, sondern hinter brechenden Substanzen sich befindet, welche sehr wohl eine ungleiche Absorption auf Strahlen verschiedener Oscillationsdauer üben mögen.

Als man bei der Wärme von den subjectiven Empfindungen abstrahirte, war man mindestens glücklich genug, eine objective Wirkung dieser Kraft zu entdecken, welche sie auf alle Körper ziemlich einförmig ausübt; die Messung ihrer Intensität ist die unmittelbare Folge hiervon gewesen. So weit sind wir mit dem Lichte keinesweges gelangt, und von einer Messung seiner Intensität kann, wenn man es mit Strahlen verschiedener Brechbarkeit zu thun hat, für jetzt noch keine Rede seyn. Ehe man die ausdehnende Wirkung der Wärme kannte, wäre folgende Definition für diese Kraft erlaubt, wenn auch practisch nicht sehr brauchbar gewesen: Wärme sey dasjenige, welches, auf einzelne Stellen einer Oberfläche wirkend, dieselben so modificire, dafs sie Dämpfe verschiedener Art anders als sonst condensiren. Diese Definition wäre richtig, nur defshalb nicht sehr brauchbar gewesen, weil es zur Natur der Wärme gehört, sich sowohl nach Aufsen, als innerhalb derselben Substanz, nach allen Seiten hin zu verbreiten. Wenn dagegen das Licht die Stellen einer Oberfläche afficirt hat, so sieht man von dieser Verbreitung nichts, wovon die oft wunderbare Schärfe eines Daguerre'schen Bildes den besten Beweis liefert. Somit ist in der Sphäre des Lichts die ähnliche Definition practisch brauchbarer und die Condensirung von Dämpfen ein gutes Hülfsmittel, das Vorhandenseyn einer Lichtwirkung nachzuweisen, wenn es auch nicht im Stande ist, zu einer Messung derselben zu führen. Steht hiernach dieses Reagens für das Licht, wie

auch ein anderes, später mitzutheilendes, dem Reagens für die Wärme oder dem Thermometer beträchtlich nach, so bietet dafür das erstere, wie sich später ergeben wird, Vortheile eigenthümlicher Art, die dem Instrument für die Wärme gänzlich abgehen.

Indem ich zu dem eigentlichen Gegenstande mich wende, verweise ich auf meine früheren Versuche, welche auf so mannichfache Weise den Satz feststellen, dafs die Condensirung von Dämpfen denselben Zustand als die directe Einwirkung des Lichts hervorbringt. Selbst ganz specielle Effecte des Lichts, wie die Schwärzung des Silberjodids, können durch die Condensirung von Quecksilberdämpfen hervorgebracht werden, worüber ich dort mehrere Beispiele angeführt habe. Ich erinnere nur defshalb an diese Erscheinung, um hinzuzufügen, dafs ich denselben Effect durch dieselben Dämpfe auch beim salpetersauren Silberoxyd, mit dessen Auflösung Papiere bestrichen worden waren, beobachtet habe, um ferner hinzuzufügen, dafs diese sehr frappante Beobachtung nicht einmal neu sey, sondern bereits vor einigen Jahren gemacht worden, obgleich man darauf nicht das mindeste Gewicht gelegt hat, und zu legen auch nicht wohl veranlafst werden konnte, da dieselbe nur in ihrem Zusammenhange mit anderen Thatsachen die wahre Bedeutung erhält. Bayard nämlich hat die Bemerkung gemacht, dafs wenn man Papiere, worauf Brom- oder Chlorsilber sich befindet, aus der Camera obscura nimmt, ehe noch eine Spur des Bildes darauf zu sehen ist, und dieselben hierauf den Quecksilberdämpfen aussetzt, die Stellen, welche vom Lichte getroffen wurden, schwarz erscheinen.

Wenn der Niederschlag von Dämpfen Lichtwirkungen hervorbringt, so ist man berechtigt, hieraus auf die Existenz latenten Lichts, als zur Dampfform gehörig, zu schliefsen, so wie man aus dem Freiwerden von Wärme unter denselben Umständen auf einen latenten Zustand derselben geschlossen hat. Es bleibt hier vorläufig nur

noch zu zeigen, wie auch der umgekehrte Prozefs, das Verdampfen, Lichtwirkungen zur Folge habe, und diefs ist in der That beim Verdampfen von Wasser, Alkohol und Aether von mir beobachtet worden. Ich habe hiezu Platten von Silber, Gold, Kupfer, Neusilber, Glas genommen; man kann aber Flüssigkeiten von jeder beliebigen Oberfläche verdampfen lassen, wenn sie nur keine bleibenden Veränderungen hervorbringen, und man aufserdem die stattgefundene Lichtwirkung zu documentiren vermag. Versuche dieser Art sind übrigens, wenn sie vollkommen gelingen sollen, nie ganz leicht; denn selbst destillirtes Wasser hinterläfst auf sehr gut polirten Körpern gern Spuren, besonders wenn es in gröfserer Menge angewandt worden ist. Doch ist es mir auf folgende Weise gelungen, unzweifelhafte Resultate zu erhalten. Man tauche eine sehr kleine Thermometerkugel in gut destillirtes Wasser und schreibe mit dem adhärirenden Tropfen auf der Platte, ohne dafs die Kugel berühre. Man kann es dahin bringen, dafs das Wasser nur an einzelnen Stellen der Platte in concreter Form sich befinde, während es über den gröfsten Theil nur als ein Hauch gegangen ist, der für diese Versuche ganz genügend ist. Oder man verfahre so: auf irgend einen passenden Körper befestige man Streifen von Filtrirpapier und benetze sie sehr wenig mit destillirtem Wasser. Hierauf berühre man die polirte Oberfläche nur einen Moment mit diesen Streifen, welches ebenfalls genügend ist. Sollte die verdampfende Flüssigkeit trotzdem Spuren zurückgelassen haben, wie es beim Alkohol und Aether gewöhnlich der Fall ist, beim Wasser aber meistens von den pulverförmigen Substanzen herrührt, welche zum Poliren angewandt worden, so kann man diese Spuren behutsam abreiben. Gut ist es aufserdem, diese Operation unter einem feuchten Tuche vorzunehmen. Nachdem nun z. B. eine Silberplatte die Wirkung des verdampfenden Wassers, Alkohols oder Aethers erfahren, setze man sie

den Dämpfen des Wassers, Quecksilbers, Jods, oder den Dämpfen der Salzsäure, des Chlor- und Bromjods u. s. w. aus; in allen Fällen wird ein vollkommen deutliches Bild entstehen, durch die Wasserdämpfe in der Regel am stärksten, im Quecksilber oft erst nach längerer Einwirkung und bei Anwendung von Joddämpfen mitunter nur schwach. Allein man hat dann nur nöthig, die jodirte Platte ins Tageslicht zu legen, um auch hier ein starkes Bild zu erhalten. Hat man von anderen Metallen als von Silber, Flüssigkeiten verdampfen lassen, so kann man mit ihnen nachgehends, wie mit dem Silber verfahren, und irgend einen der genannten Dämpfe, und sogar mehrere von ihnen nach einander, anwenden, um sich von der stattgefundenen Lichtwirkung zu überzeugen. Anführen will ich noch, dafs wenn man von einem Daguerre'schen Bilde, wie es aus der Camera obscura kommt, heifses Wasser verdampfen läfst, das Bild vollkommen zerstört wird. Es rührt diefs von einem Lichtprozefs her, wie sich aus den später mitzutheilenden Sätzen ergeben wird.

Sonach ist es klar, dafs die Verdampfung eben so gut Lichterscheinungen hervorbringt, als die Condensirung von Dämpfen, und ich stelle es dem Ermessen der Physiker anheim, diefs Resultat auch auf den Uebergang des festen Aggregatzustandes in den flüssigen, und umgekehrt, auszudehnen, und diese Uebergänge eben sowohl für Lichtprozesse als für Wärmeprozesse zu erachten. Ich erlaube mir, bei der Neuheit und Wichtigkeit dieser Sache, darauf aufmerksam zu machen, dafs (um innerhalb des empirisch Bewiesenen stehen zu bleiben), wenn man einen Dampf von einer bestimmten Elasticität und Temperatur und irgend eine Platte, ebenfalls von einer bestimmten Temperatur hat, die Condensirung des Dampfes hierdurch allein noch nicht gegeben ist, sondern noch von den Lichtprozessen abhängt, denen die Platte ausgesetzt worden war. Diefs Sachverhältnifs ist allein schon im Stande, den Antheil zu beweisen, welchen das Licht

an der Aenderung des Aggregatzustandes hat. Obgleich eine Silberplatte z. B. eine und dieselbe Temperatur überall hat, so werden doch von einzelnen, ganz bestimmten Stellen ihrer Oberfläche die Wasserdämpfe stärker oder schwächer condensirt, je nach der Art der Lichtwirkung auf diesen Stellen.[1]) Dasselbe gilt für die Condensirung der Dämpfe von Quecksilber, Jod, Chlor u. s. w.; sie hängt eben so sehr von dem Licht als von der Wärme ab, und dafs ein solches Resultat allgemein gelte, geht aus der sonstigen Verschiedenheit der von mir untersuchten Dampfarten hinlänglich hervor. Während nämlich die Wasserdämpfe sich leicht an Silberplatten niederschlagen, verdampfen sie eben so rasch wieder, und zeigen also keine Adhäsion oder eine sehr geringe. Die Quecksilberdämpfe zeigen condensirt eine dauernde Adhäsion, da die Daguerre'schen Bilder sich mit der Zeit nicht wahrnehmbar verändern. Allein das ist bei ihnen merkwürdig, dafs sie sich mit der Substanz des Silbers, so wie auch mit der des Goldes und sogar des Zinks, wie es scheint, nicht verbinden, während das Quecksilber in flüssiger Form eine so grofse Verwandtschaft zu diesen Substanzen hat. Der Joddampf endlich verbindet sich mit dem Silber chemisch. Trotzdem also, dafs diese Dämpfe sich anderweitig so sehr verschieden zeigen, stimmen sie doch darin überein, dafs ihre Condensirung durch die Wirkung des Lichts so gut bedingt ist, als durch die Wärme. Ja aus den Daguerre'schen Bildern allein hätte man diefs wichtige Resultat schon ableiten können, wenn die richtige Einsicht in den Prozefs, der sie entstehen läfst, früher vorgelegen hätte.

Ich wende mich nunmehr zu der interessanteren Frage

1) Wegen der stärkeren und schwächeren Condensirung verweise ich auf meinen früheren Aufsatz, Seite 214, wo ich die Quecksilberdämpfe in dieser Beziehung näher untersucht habe. Die Wasserdämpfe unterscheiden sich hierin von den Quecksilberdämpfen nicht, und kehren bei höherer Spannung die Bilder eben so leicht um.

bei dem latenten Licht, nämlich zur Bestimmung der *Farbe* desselben. Diese Bestimmung ist eben so wichtig, als sie schwierig ist, und sie ist mir nach vielen Anstrengungen erst bei einigen Dampfarten, allein da auch mit hinlänglicher Sicherheit, gelungen. Wichtig ist diese Untersuchung schon defshalb, weil man sonst leicht in den Fall kommen könnte, gegen den so richtigen Satz, dafs die Condensirung von Dämpfen, wie das Licht wirke, Thatsachen anzuführen, als Einwendungen anzuführen, während dieselben, aus dem Gesichtspunkte betrachtet, dafs die verschiedenen Dampfarten im Allgemeinen verschieden farbiges Licht gebunden enthalten, gerade die auffallendsten Bestätigungen desselben abgeben.

Als ich zuerst den Lichteffect bei dem Niederschlag der Dämpfe fand, beschäftigte mich die Untersuchung, in wiefern bei ihnen etwas der Farbe Analoges vorkomme, anhaltend und ohne allen Erfolg. Ich glaubte damals, dafs vielleicht der verschiedene Grad der Elasticität der Wirkung der verschiedenen Farben des Spectrums entsprechen möchte; allein diese Meinung wurde widerlegt, als sich der Satz fand, dafs es keine Wirkung von Quecksilberdämpfen höherer Spannung gebe, welche nicht auch durch dieselben Dämpfe niederer Spannung erreichbar sey, vorausgesetzt, dafs sie dann um so länger wirkten. Somit lag bei den Quecksilberdämpfen in der Skale ihrer Elasticitäten nichts, welches sich mit den verschiedenen Farben hätte vergleichen lassen. Dieser Dampfart etwas Besonderes in dieser Beziehung zuzuschreiben, wäre gar nicht motivirt gewesen; viel wahrscheinlicher war es bei allen Dampfarten vorauszusetzen, dafs die Dauer der Wirkung die höhere Elasticität ersetzen werde. Nur solche Dämpfe, wie die des Wassers, konnten davon eine scheinbare Ausnahme machen, in sofern sie auf den Platten nicht zu bleiben pflegen, sondern wieder verdampfen, und dadurch Gelegenheit zu einem doppelten Lichtprozesse geben. Die in Rede stehende Frage blieb sonach

unbeantwortet, bis ich zur Einsicht über die Wirkung der Condensation von Dämpfen, als hervorgehend aus dem Licht, das in der Dampfform gebunden war, gelangte. Nunmehr konnte kein Zweifel mehr obwalten, dafs jede Dampfart eine bestimmte Art von Licht gebunden haben würde, entweder Strahlen einer einfachen Farbe, oder von mehreren solcher, aber in einem bestimmten Verhältnifs zusammengesetzt.

Nachdem die Aufgabe somit gegeben war, überzeugte ich mich jedoch bald, dafs dasjenige, was wir bis jetzt über die Wirkung der verschiedenen Farben des Spectrums wissen, nicht ausreiche, die latente Farbe nur einer einzigen Dampfart mit Sicherheit anzugeben. Und zwar sind die bisherigen Kenntnisse nicht defshalb ungenügend, weil zu wenige Stoffe in ihrem Verhalten gegen das Licht untersucht worden; ich glaube im Gegentheil, man hat noch hinlänglich an der einen Substanz, dem Jodsilber, zu studiren, und ich kenne bis jetzt nur eine Frage, die ich nachher anführen werde, deren Beantwortung durch das Silberjodid allein nicht möglich erscheint, und von Substanzen anderer Art erwartet werden mufs. Ich werde es daher bei dem Jodsilber hauptsächlich bewenden lassen, und betrachte die Lösung der folgenden Aufgabe als die Bedingung jedes weiteren erheblichen Fortschritts in dieser neuen Sphäre, namentlich was die Bestimmung der latenten Farbe anbetrifft. Die Aufgabe ist diese:

Es hat eine Lichtwirkung auf Silberjodid stattgefunden, mag sie nun äufserlich schon wahrnehmbar seyn oder nicht, man soll finden, durch welche Farbe diese Wirkung hervorgebracht worden ist.

Es ist mir nicht gelungen, diese Aufgabe zu erschöpfen, allein ich glaube einige nicht unwichtige Schritte zu ihrer Lösung gethan zu haben, die bereits zu bemerkenswerthen Resultaten führen.

Nach der Darstellung in meinem Aufsatze über den

Prozeſs des Sehens, gestaltete sich der Einfluſs der verschieden brechbaren Strahlen auf das Jodsilber in der Art, daſs die violetten und blauen Strahlen eine Wirkung anfangen und bis zur Schwärzung des Jodids fortführen konnten; dieſs ist das beim Chlorsilber seit Scheele bekannte Factum. E. Becquerel hatte die Entdeckung hinzugefügt, daſs die rothen Strahlen zwar keine Wirkung anfangen, allein die angefangene kräftig fortsetzen könnten, ebenfalls bis zur Schwärzung. Endlich hatte ich beobachtet, daſs die gelben und grünen Strahlen das geschwärzte Jodid wiederum in den Zustand farbigen Jodids zurückversetzten. Somit schienen die Farbengruppen blau, roth, gelb, wie ich sie der Kürze halber nennen werde, qualitative Unterschiede in ihrer Wirkung auf Jodsilber zu zeigen, und zwar auf die seltsame Weise, daſs sich die Wirkung mit der Brechung (oder bestimmter gesprochen mit der Oscillationsdauer) nicht zusammenstellen lieſs. Denn die Wirkung wurde angefangen von den Strahlen gröſster Brechbarkeit, fortgesetzt durch die Strahlen kleinster, und noch weiter fortgeführt durch diejenigen mittlerer Brechbarkeit. Das schien mir bei näherer Betrachtung sehr unglaublich, und ich werde unmehr auch zeigen, daſs diese Art von Auffassung ganz irrthümlich ist.

Das wahre Verhalten ist dieses: *Die Strahlen jeder Brechbarkeit wirken auf das Jodsilber ganz gleich* und es giebt kein positives Resultat, welches nicht durch Strahlen aller Art zu erreichen wäre. *Der einzig reelle Unterschied besteht darin, daſs eine und dieselbe Wirkung verschiedene Zeiten verlangt, damit sie von den verschieden farbigen Strahlen hervorgebracht werde*, und zwar so, daſs wenn die Wirkung, auf irgend eine Art gemessen, als Function der Zeit dargestellt wird, diese Function für die verschiedenen Farben sehr veschiedene Formen haben wird.

Zum Beweise dieses Satzes werde ich zuerst anfüh-

ren, dafs durch farbige Gläser aller Art das Silberjodid geschwärzt werden kann. Bei den violetten, blauen, grünen, gelben und orangenen wird hierüber gar kein Bedenken obwalten; ich habe deren in grofser Anzahl zu untersuchen Gelegenheit gehabt und in der Sonne operirend niemals lange auf ihre Wirkung zu warten brauchen. Nur wegen der rothen Gläser könnte man ungewifs seyn; ich besitze dergleichen, bei welchen ich beobachtet zu haben glaubte, dafs sie das Silberjodid in seiner ursprünglichen Färbung erhielten und also keine Wirkung anzufangen vermöchten. Das jedoch fand sich nunmehr bei näherer Untersuchung als herrührend von der Art, wie ich früher den Versuch angestellt, indem ich nämlich auf jodirte Silberplatten ein gleichmäfsig gefärbtes rothes Glas gelegt hatte. Unter solchen Umständen ist es schwer, die langsame Wirkung dieser Gläser zu erkennen. Allein man bringe irgend eine Zeichnung auf solche Gläser an, indem man einzelne Stellen undurchsichtig macht, und man wird dann wahrnehmen, dafs die rothe Farbe so gut eine Wirkung anzufangen vermöge, als die übrigen Farben, wenn auch nicht so rasch. Meinem Freunde Dulk ging es mit solchen Versuchen, welche er früher angestellt, ähnlich wie mir; er glaubte von einer dunkelrothen Glocke, dafs unter ihr keine Schwärzung des Chlorsilbers, selbst nicht nach Tagen, vor sich gehe. Als ich jedoch unter diese Glocke eine jodirte Platte hinter einem Schirm anbrachte, war nach einigen Stunden schon das vollständige Bild seiner Ausschnitte zu sehen.

Also theilen alle Farben mit dem Blau die Eigenschaft, eine Wirkung anzufangen und bis zur Schwärzung fortzuführen, nur bedürfen sie dazu einer sehr verschiedenen Zeit. Bei dieser Gelegenheit mufs ich mir jedoch eine kleine Digression erlauben, die einer Täuschung entgegenarbeiten soll, in die man wohl gerathen kann. Man sagt, ein blaues oder violettes Glas lasse

wenig Lichtstrahlen durch und wirke auf das Jodsilber kräftig, während ein gelbes, rothes u. s. w. viele Lichtstrahlen hindurchlasse und schwach wirke. So aber glaube ich, darf man sich nach dem jetzigen Standpunkte der Sache nicht mehr ausdrücken; es hieſse dem Urtheil des Auges mehr Gewicht beilegen, als dasselbe verdient. Das weiſs man zuletzt wohl, daſs unsere Retina von Gelb, Orange am stärksten afficirt wird, so daſs, wenn ihm das prismatische Spectrum zur Beurtheilung dargeboten wird, es diese Farben für die hellsten erklärt. Wäre die Retina eine Substanz, wie das Jodsilber, oder wäre sie frei den Lichtstrahlen ausgesetzt, so würde ihr Urtheil anders lauten; unter denselben Umständen würde ihr dann das Violett oder die von Ritter entdeckten dunklen Strahlen die hellsten seyn, d. h. es würden dann diejenigen Strahlen auf sie den stärksten Eindruck hervorbringen, welche sie bei der wirklichen Beschaffenheit nur schwach oder gar nicht wahrnimmt. So wie die Retina und verschiedene Verbindungen des Silbers, so verhält es sich auch mit anderen Körpern, welche bis jetzt der Lichtwirkung ausgesetzt worden; immer sind es Strahlen einer gewissen Oscillationsdauer, die am wirksamsten befunden worden. Dieſs lehrt, wie mir scheint, daſs diese Körper im Grunde alle nicht geeignet sind, die relativen Intensitäten von Licht verschiedener Farbe mit einander zu vergleichen, diese Körper so wenig als die Retina; und daher kann der Aussage der letzteren, ein violettes Glas lasse wenig Strahlen hindurch und ein gelbes viele, keine Gültigkeit an und für sich zugeschrieben werden. Hiervon abgesehen, finden wir die Strahlen verschiedener Brechbarkeit, mit Bezug auf die Schwärzung des Silberjodids, allerdings in Bezug auf die Zeit verschieden, deren sie dazu bedürfen, allein auch nur hierin verschieden. Und nunmehr sieht man ein, daſs dieser Effect sich der Oscillationsdauer anschlieſst, so daſs man sagen kann, je gröſser diese Dauer für eine Gattung von Strah-

len, desto längere Zeit werden dieselben brauchen, eine Wirkung auf das Jodid anzufangen, und bis zur Schwärzung desselben fortzuführen.

Ich komme nunmehr zu der besonderen Wirkung, welche die rothen Strahlen haben sollen, eine angefangene Wirkung weiter fortführen zu können. Schon in dem Aufsatz über den Prozefs des Sehens habe ich Zweifel gegen die eigenthümliche Wirkung dieser Gattung von Strahlen erhoben, ja ich habe sogar die hauptsächlichste Thatsache schon mitgetheilt, durch welche eine solche Ansicht widerlegt wird; nur habe ich die Wichtigkeit dieser Thatsache, im Drange so vieler anderen, nicht hinlänglich hervorgehoben. Allerdings, wenn man mit den gewöhnlichen Strahlen des Sonnen- oder Tageslichts operirt, also z. B. ein Daguerre'sches Bild hervorbringen will, dann werden die rothen Strahlen sich als kräftig fortsetzende bewähren; denn hier ist die Wirkung angefangen von den blauen, violetten und den Ritter'schen dunklen Strahlen. Nun aber habe ich eine andere Gattung Lichtstrahlen entdeckt und beschrieben, diejenigen, die jeder Körper, wie es scheint ohne Ausnahme, aussendet, weil jeder ein selbstleuchtender ist, Strahlen, welche sich dadurch kund geben, dafs zwei einander hinlänglich genäherte Körper sich auf einander abbilden, obgleich alles ausgeschlossen ist, was die Retina Licht nennen würde. Ich nenne sie die *unsichtbaren Lichtstrahlen*, zum Unterschiede von den dunklen Ritter'schen an dem violetten Ende des Spectrums; ich könnte sie auch die brechbarsten Strahlen nennen, denn es wird sich zeigen, dafs ihre Brechbarkeit gröfser sey, als die der gewöhnlichen Lichtstrahlen. Sie fehlen übrigens, wie ich beweisen werde, dem Tageslicht und der Sonne, und sind schon defshalb mit jenen dunklen Strahlen nicht zu verwechseln. Wenn nunmehr das unsichtbare Licht eine Wirkung auf Jodsilber angefangen hat, dann werden die violetten oder blauen Strahlen dieselbe fortführende Kraft

zeigen, als die rothen sie haben, wenn das sichtbare Licht gewirkt hat. Man lege auf eine jodirte Silberplatte Körper irgend welcher Art, entweder berührend, oder in einiger, nicht grofser Entfernung davon, damit noch möglicherweise, wegen der Ausbreitung der Lichtstrahlen, ein Bild entstehen könne. Man erhalte die Körper in dieser Lage so kurze Zeit, dafs sie noch keine sichtbare Veränderung des Jodids, also noch kein äufserlich wahrnehmbares Bild hervorbrachten. Legt man jetzt die jodirte Platte unter einem blauen, ja sogar unter einem violetten Glase in das Sonnen- oder Tageslicht, so wird sehr rasch das Bild in allen seinen Details entstehen, während die rothen und gelben Strahlen in diesem Falle bei der anhaltendsten Wirkung nur Spuren des Bildes erscheinen lassen. Das ist es, was ich bereits in meinem früheren Aufsatze angegeben hatte und woraus folgt, dafs sich die blauen Strahlen bei dem unsichtbaren Licht, wie die rothen bei dem sichtbaren, in Bezug auf die Fortführung verhalten. Von den zahlreichen Versuchen, die ich hierüber angestellt, und welche alle dasselbe Resultat ergeben haben, werde ich hier nur einen anführen, weil ich doch bei der latenten Farbe der Dämpfe auf diesen Gegenstand zurückkommen mufs, und ihn überhaupt in einer Art zu erledigen hoffe, dafs man mir die ermüdende Aufzählung gleichlautender Versuche erlassen wird. Ich jodirte eine Silberplatte und legte eine gravirte Messingplatte, eine eben solche Silberplatte und einen geschnittenen Stein darauf, während des kurzen Zeitraums von nur zwei Minuten, und in der sogenannten Finsternifs. Es war nachher natürlich nicht das Mindeste auf der Platte zu sehen; allein unter dem blauen Glase in der schwachen Sonne erschienen die Bilder schon nach wenigen Minuten, und zwar diejenigen der metallischen Körper mit allem Detail. Somit hatten die unsichtbaren Lichtstrahlen schon in zwei Minuten vollständige Bilder hervorgebracht. Unter gelben und rothen

Gläsern, wäre nach dieser kurzen Einwirkung wahrscheinlich gar kein Bild zum Vorschein gekommen; denn Strahlen dieser Farben bringen überhaupt nur nach langer Einwirkung Bilder der unsichtbaren Lichtstrahlen zur Wahrnehmung, und dann auch nur Spuren derselben.

Allgemeiner ausgesprochen, würde das so eben Entwickelte folgender Art lauten: Wenn Strahlen irgend einer Brechbarkeit N eine Wirkung angefangen haben, so können Strahlen von einer Brechbarkeit $N-n$ diese Wirkung fortsetzen, wo n einen bestimmten Werth hat. Wählt man es kleiner, liegen also die Strahlen, welche die Wirkung fortführen sollen, denjenigen Strahlen zu nahe, welche dieselbe anfingen, dann wird kein Bild entstehen. Ist n umgekehrt zu grofs, dann wird das Fortführen ebenfalls gering und für den Versuch beinahe Null seyn. Somit fiele auch dasjenige, was man fortführende Kraft, wiewohl nicht ganz passend, nennt, mit dem Brechungsindex zusammen. Ich wiederhole übrigens, dafs wenn ich von Brechung, Brechungsindex u. s. w. spreche, ich mich damit nur dem Sprachgebrauche zu accomodiren wünsche; eigentlich wäre die Oscillationsdauer dafür zu setzen, welches inzwischen in sofern doch wenig nützen würde, als man die Function jener Dauer, von welcher die Wirkung des Lichts auf die Körper abhängt, nicht kennt.

Nimmt man noch den Satz hinzu, dessen Beweis in Rede steht, dafs nämlich die Dauer der Wirkung einer gewissen Gattung von Strahlen ein Aequivalent für ihre geringere Brechbarkeit sey, so dafs also z. B. eine anhaltendere Wirkung gelben Lichts dasselbe bewirkt, als eine kurze Wirkung von violetten Strahlen, so wird man alle Erscheinungen der sogenannten Fortführung verstehen. Wenn man eine jodirte Silberplatte kurze Zeit den gewöhnlichen Lichtstrahlen in einer Camera obscura aussetzt, dann sind nachgehends allein die rothen Strahlen im Stande, ein sichtbares Bild hervorzubringen; die gelben und grünen Strahlen werden es unfehlbar nicht her-

vortreten lassen. Haben die sichtbaren Strahlen länger gewirkt, dann könnte man sich also die Sache so vorstellen, als wenn Strahlen von einer gröſseren Brechbarkeit, als selbst die violetten oder die dunklen an der Gränze des Spectrums liegend, die Wirkung angefangen hätten; dann werden gelbe und sogar grüne Strahlen das angefangene Bild fortsetzen und sichtbar machen. Beweise hierfür durch Thatsachen kann ich übergehen, da sie in meinem früheren Aufsatz bereits enthalten sind. Wenn nun ferner die unsichtbaren Lichtstrahlen ein Bild angefangen und nur kurze Zeit gewirkt haben, so werden die blauen und sogar noch die grünen Strahlen eine fortwirkende Kraft zeigen, die violetten aber nicht. Haben sie längere Zeit gewirkt, dann werden die violetten Strahlen dasselbe vermögen u. s. w.

Um das Voranstehende, welches practisch so wichtig ist, vielleicht übersichtlicher vorzustellen, werde ich einzelnen Strahlen bestimmte Brechungsverhältnisse beilegen, nämlich den

das Verhältniſs $\overbrace{N\ N(1-n)}^{\text{unsichtbaren}}$ $\quad \overset{\text{blauen}}{N(1-2n)}$

$\overset{\text{gelben}}{N(1-3n)} \quad \overset{\text{rothen Strahlen}}{N(1-4n)}$

Wirkten nun die blauen Strahlen *kurze Zeit*, so führen die rothen die Wirkung fort, d. h. Strahlen, die sich in dem Brechungsverhältnisse von $2nN$ unterscheiden. Wirkten die unsichtbaren Strahlen kurze Zeit, so setzen die blauen, mit derselben Differenz von $2nN$, die Wirkung fort. Haben die blauen Strahlen *lange Zeit* gewirkt, so kann man es ansehen, als wenn Strahlen einer noch gröſseren Brechbarkeit, also z. B die unsichtbaren Strahlen mit dem Brechungsindex $N(1-n)$ gewirkt hätten, und dann setzen die gelben Strahlen die Wirkung fort u. s. w. Man wird auf diese Exemplification keinen anderen Werth legen, als damit beabsichtigt wird, nämlich den Zusammenhang der Oscillationsdauer

mit

mit der Fortführung und die Einerleiheit der Wirkung aller Strahlen in dieser Beziehung zu erläutern.

Ich wende mich nunmehr zu der eigenthümlichen Wirkung, welche die gelben und grünen Strahlen haben sollen, das geschwärzte Silberjodid wiederum in farbiges zu verwandeln[1]), worüber in dem Aufsatze über den Prozeſs des Sehens vielfältige Beweise angeführt worden sind. Die zweckmäſsigste Art, Versuche hierüber anzustellen, ist die, daſs man in der Camera obscura ein negatives Bild entstehen läſst, wo also die hellen Parthieen des Objects dunkel erscheinen, und daſs man hierauf ein solches Bild unter einem gelben oder grünen Glase in die Sonne oder ins Tageslicht legt. Es wird dann ein positives Bild, indem das schwarze Jodid entfärbt, und das noch nicht afficirte geschwärzt wird. So ist der Versuch von Gaudin angestellt worden (*Comptes rendus u. s. w. Juin* 1841). Ich werde nunmehr zeigen, daſs diese seltsame Eigenschaft nicht den gelben oder grünen Strahlen allein zukomme, sondern allen übrigen eben so gut, und daſs auch hierin zwischen den verschiedenen Farben nur ein Unterschied, mit Bezug auf die Zeit, beobachtet wird. Man lege eine jodirte Silberplatte in demjenigen Stadium, in welchem sie den Quecksilberdämpfen ausgesetzt zu werden pflegt, unter einem rothen Glase in die Sonne oder ins Tageslicht, so wird ein negatives Bild entstehen. Bringt man dasselbe in seinen ersten Stadien unter ein gelbes Glas, so wird es positiv, unter grüne und blaue Gläser gelegt, wird es nicht po-

1) Zu bemerken ist hiebei, daſs ich mit der Bezeichnung „farbiges Silberjodid“ bloſs die Erscheinung ausspreche, und über die chemische Natur dieses, durch fortgesetzte Wirkung des Lichts erhaltenen Stoffs eine Meinung weder äuſsern will noch kann. Es läſst sich übrigens beweisen, daſs derselbe Zustand, in welchem sich das Jodsilber in diesem Stadium befindet, physikalisch genommen, auch auf einfachen Körpern, wie Silber, Eisen u. s. w. durch eine anhaltende Wirkung des Lichts zu erreichen ist, nur wird dieser Gegenstand später eine ausführlichere Behandlung verdienen.

sitiv. Ist das negative Bild jedoch weiter vorgerückt, d. h., hat man es längere Zeit unter dem rothen Glase erhalten, dann werden auch die grünen Strahlen es nachgehends positiv machen, und dann endlich sogar die blauen und violetten. Dieses Resultat ist so interessant, dafs ich darüber einen oder den anderen Versuch von den gemachten mittheilen werde. Eine jodirte Silberplatte wurde 3 Minuten in der Camera obscura gelassen, und hierauf unter ein röthlich-gelbes Glas gelegt. Es entstand zuerst ein negatives Bild, welches später in ein positives überging. Als das letztere eben im Entstehen begriffen war, wurde es unter ein violettes Glas gebracht und entwickelte sich nunmehr sehr stark. Ferner wurde an einem mäfsig hellen Tage eine jodirte Silberplatte 11 Stunden in der Camera obscura gelassen; es zeigte sich nachher ein schönes negatives Bild, indem die hellen Parthieen grünlich, die dunkelen röthlich erschienen. Als die Platte unter ein dunkelblaues Glas gelegt wurde, war nach einer halben Stunde schon ein starkes positives Bild zu sehen, welches sich nun in vielen Tagen nicht weiter veränderte.

Man übersieht nunmehr die Art, wie die verschiedenfarbigen Strahlen auf das Jodsilber wirken; sie alle schwärzen es und verwandeln es dann wieder in farbiges Jodid. Nur werden diese beiden Prozesse sehr verschiedene Zeit erfordern, je nach der Brechbarkeit der Strahlen. Hierüber läfst sich noch näher Folgendes angeben. Man denke sich den Grad der Färbung des Silberjodids durch die Ordinaten einer Curve ausgedrückt, während die Abscissen die Zeit vorstellen, so wird es mit diesen Curven so stehen. Bei den blauen, violetten und den Ritter'schen dunklen Strahlen wird die Curve verhältnifsmäfsig sehr rasch steigen und das Maximum erreichen, welches dasjenige bedeutet, was man gewöhnlich Schwärzung nennt. Von diesem Punkte aus wird die Curve sich sehr allmählig der Abscissenaxe wieder

nähern. Für die gelben und rothen Strahlen wird die Curve einen entgegengesetzten Verlauf haben; anfangs langsam und allmählig sich dem Maximum zuwendend, wird sie nachher steil herabgehen und sich rasch der Abscissenaxe nähern. Was die unsichtbaren Lichtstrahlen anbetrifft, so lehren die Versuche, dafs die Curve, welche ihre Wirkung darstellt, anfangs rasch steigt, aber doch so bald das Maximum nicht erreicht, als diefs bei den violetten Strahlen der Fall ist; denn obgleich sie eine Schwärzung hervorbringen, wie ich diefs schon im Nachtrage zu dem früheren Aufsatz angeführt, und nachgehends oft bestätigt habe, so geschieht diefs doch erst nach längerer Zeit. Freilich giebt es kein Mittel, die Intensität dieser unsichtbaren Strahlen zu messen und mit der violetter Strahlen zu vergleichen; inzwischen haben doch meine Versuche gelehrt, dafs die ersteren sehr rasch, z. B. in zwei Minuten, eine Wirkung auf das Jodid anzufangen vermögen. Wenn violette oder blaue Strahlen so rasch eine Wirkung angefangen hätten, so wäre ihnen die Schwärzung früher gelungen. Von dem Maximum aus fehlen mir Versuche, den weiteren Verlauf der Curve für die unsichtbaren Lichtstrahlen charakterisiren zu können.

Ich mufs bei dieser Gelegenheit einen Irrthum berichtigen, zu dem mein früherer Aufsatz Veranlassung geben kann. Als ich dort die Wirkung der gelben und grünen Strahlen beschrieb, erwähnte ich, dafs man dieselben Phänomene auch durch das Tageslicht und die freie Sonne erreichen könne. Diefs ist richtig; allein bei der damaligen Ansicht über die Wirkung der drei Farbengruppen mufste ich annehmen, dafs diese Art der Einwirkung von Sonnen- und Tageslicht durch den Antheil gelber und grüner Strahlen, welche darin enthalten sind, bedingt sey, und diefs ist nicht richtig. So eben ist bewiesen worden, dafs die violetten und blauen Strahlen das geschwärzte Jodsilber zu entfärben vermögen, wie die gelben und grünen, und ich kann nunmehr hinzufü-

gen, dafs wenn unzerlegtes Licht diese Wirkung äufsert, man dieselbe gröfstentheils dem Antheil blauer oder violetter Strahlen zuschreiben mufs. In denjenigen Fällen nämlich, wo die blauen Strahlen ein negatives Bild nicht umkehren, weil es noch in einem zu frühen Stadium sich befindet, kehrt auch das Tages- oder Sonnenlicht dasselbe nicht um. Somit wirkt hierbei das unzerlegte Licht, wie das violette oder blaue, und leider ist diese Thatsache allgemein. Nach so mannigfachen Versuchen, wie ich sie angestellt, ist mir keine Erscheinung bekannt, welche beim Silberjodid die Wirkung des unzerlegten Lichts von der des violetten, blauen Lichts, oder der Ritter'schen dunklen Strahlen gehörig unterschiede. Diefs ist eben der Umstand, dessen ich oben erwähnte und der es wahrscheinlich nöthig machen wird, aufser dem Jodsilber noch andere Stoffe in ihrem Verhalten gegen verschiedenfarbiges Licht zu untersuchen. Wie fatal dieser Umstand sey, wird man nachher bei der Bestimmung der latenten Farbe der Wasserdämpfe sehen.

Nimmt man nun den Satz von der Einerleiheit der Wirkung aller Farben auf das Jodsilber als bewiesen an, so scheint er die Lösung der eigentlichen Aufgabe, um welche es sich handelt, nämlich aus einer stattgefundenen Wirkung des Lichts dessen relative Brechbarkeit zu erkennen, eher unmöglich zu machen, als zu fördern. Denn wenn die Condensirung von Quecksilberdämpfen z. B. eine Lichtwirkung hervorgebracht hat, so würde es sonach nicht angehen, die Farbe des latenten Lichts dieser Dampfart zu bestimmen, weil alle Farben denselben Effect hervorzubringen vermögen, und sich nur durch Intensitätsverhältnisse unterscheiden, wofür wir jedes Maafses entbehren. Dem würde also seyn, und wir würden der Untersuchung über das latente Licht in ihrem wichtigsten Theile verlustig gehen, wenn es mir nicht geglückt wäre, bei der auf einander folgenden Wirkung *zweier* Arten von verschiedentlich brechbaren Strahlen

ine Eigenthümlichkeit zu entdecken, wodurch die Bestimmung der latenten Farbe der Dämpfe innerhalb ziemlich enger Gränzen bereits möglich ist, und überhaupt jene allgemeinere Aufgabe, die uns beschäftigt, der Lösung entgegengeführt wird. Ich werde diese Eigenthümlichkeit das *Nivelliren* nennen; die darauf Bezug habenden Thatsachen liefern ein für jetzt rein empirisches, allein, man gestatte den Ausdruck, fast unschätzbares Mittel, verschiedene Farben in ihrer Wirkung auf das Silberjodid zu unterscheiden. Die theoretische Betrachtung dieser Eigenthümlichkeit gehört, wie mir scheint, zu einem anderen Gebiete interessanter Thatsachen, die ich bei einer späteren Gelegenheit zusammenzustellen hoffe.

Mit dem Nivelliren hat es folgende Bewandtnifs: Man bringe eine jodirte Silberplatte in die Camera obscura und lasse sie darin, bis das Bild in jenes Stadium getreten ist, welches das Daguerre'sche heifsen kann. Man sieht dann bekanntlich keine Spur des Bildes auf der Platte, obgleich es vorhanden ist; wie das die Quecksilberdämpfe lehren. Legt man eine solche Platte hierauf ins Tages- oder Sonnenlicht, so entsteht auffallenderweise kein Bild, die Platte wird vielmehr gleichmäfsig geschwärzt. In solchem Falle werde ich sagen, dafs das unzerlegte Licht das Bild nivellirt habe, denn es liefs keinen Unterschied zwischen den afficirten und nicht afficirten Stellen aufkommen. Das Frappante dieser Erscheinung steigert sich noch, wenn man die Platte etwas länger in der Camera obscura verweilen läfst, so dafs schon ein deutliches (negatives) Bild entsteht. Auch dieses wird unter denselben Umständen nivellirt, und nur dann, wenn das negative Bild in höhere Stadien getreten ist, wird es weder vom unzerlegten Licht, noch von irgend einer Farbe desselben nivellirt, sondern erhält sich und geht später in ein positives über, wie das vorhin beschrieben worden ist. Dieses Nivelliren der Bilder durch unzerlegtes Licht rührt nicht von der gleichzeitigen Wirkung der ver-

schiedenfarbigen Strahlen, aus denen es besteht, her; denn das violette und blaue Licht, ja zum Theil sogar das grüne, vermag ganz dasselbe. Namentlich die beiden ersteren nivelliren unfehlbar jedes Bild innerhalb des Daguerre'schen Stadiums, ja sie nivelliren ein schon vorhandenes negatives Bild, wenn es noch nicht weit entwickelt ist, und zwar eben so gut, als das Tages- oder Sonnenlicht.

Wenn man die so eben mitgetheilte Thatsache im Sinne des über die Wirkung der einzelnen Farben aufgestellten Satzes ausbeutet, so gelangt man zu folgenden, der Wirklichkeit vollkommen adäquaten Vorstellungen über das Nivelliren. Wenn die gewöhnlichen Strahlen in einer Camera obscura sehr kurze Zeit auf das Silberjodid gewirkt haben, dann werden die Strahlen jeder Brechbarkeit das Bild nivelliren, welches immer als vorhanden vorausgesetzt werden mufs, obgleich das Mittel fehlt, es wahrnehmbar zu machen. Haben die Strahlen länger gewirkt, dann werden alle Farben, mit Ausnahme der rothen, das Bild nivelliren, und zwar, weil die Strahlen dieser Farbe sich mit Bezug auf die Brechbarkeit hinreichend von den blauen Strahlen unterscheiden, welche das Bild angefangen haben. Bleibt die Platte noch länger in der Camera obscura, so kann man sich, dem Früheren zufolge, denken, es sey dasselbe durch Strahlen einer noch gröfseren Brechbarkeit, als die blauen, violetten oder dunkelen des Spectrums hervorgebracht, und nunmehr wird eine gleichmäfsige Bestrahlung von gelbem Licht das Bild nicht mehr nivelliren u. s. w. Endlich, wenn die Platte viele Stunden, ja unter Umständen einige Tage, in der Camera obscura verweilt hat, dann werden auch die blauen und violetten Strahlen das vorhandene Bild nicht mehr zu nivelliren vermögen, wie das schon gezeigt worden ist.

Jetzt wollen wir diese Betrachtung auf die unsichtbaren Strahlen ausdehnen, die sich schon vorhin als Strah-

len gröfster Brechbarkeit ausgewiesen haben. Sie werden auch hier diesen Charakter bewähren, und so wird das Nivelliren für jetzt das Mittel abgeben, die relative Brechbarkeit in Fällen zu bestimmen, wo die Methoden, die bei den gewöhnlichen Lichtstrahlen gebraucht werden, nicht anwendbar sind. Da die brechbarsten Strahlen des Spectrums jedes Bild innerhalb des Daguerreschen Stadiums nivelliren, so werden die unsichtbaren Strahlen es nicht minder bewirken. Diefs zu beweisen, liefs ich eine Anzahl jodirter Silberplatten die richtige Zeit in der Camera obscura, so dafs sie nachher in den Quecksilberdämpfen Bilder der Gegend mit vielem Detail gegeben haben würden. Ich legte diese Platten hierauf über reines Silber, Gold, Kupfer, Spiegelmetall, jodirtes Silber, Porzellan, entweder so, dafs eine Berührung (welche jedoch nur immer stellenweise war) stattfand, oder dafs die Berührung durch dazwischen gebrachte Glimmerstreifen verhindert wurde. Als die Platten längere Zeit im Finstern gelegen hatten, waren ihre Bilder meistens vollständig nivellirt, zuweilen erschien noch eine Spur derselben in den Quecksilberdämpfen, aber dann nur an einzelnen Stellen der Platte. Die unsichtbaren Strahlen hatten hier also Bilder der sichtbaren Strahlen nivellirt; sie vermögen dasselbe bei Bildern, welche mit ihrer Hülfe entstanden sind, vorausgesetzt, dafs dieselben sich noch in einem der früheren Stadien befinden. Auf eine jodirte Silberplatte wurden Körper aus Silber, Gold, Eisen und Horn gelegt, und eine Stunde darauf erhalten, so dafs die Silberplatte das Bild derselben besafs. Nachdem jedoch eine Silber- und Eisenplatte mehrere Stunden darauf gelegen hatte, waren die Bilder nivellirt und konnten durch kein Mittel sichtbar gemacht werden. Ist jedoch das Bild, welches die unsichtbbaren Strahlen gezeichnet haben, schon mehr entwickelt, dann kann es durch sie selbst nicht mehr nivellirt werden, wovon ich mich mehrfach überzeugt habe.

Was nun die sichtbaren Lichtstrahlen anbetrifft, so vermögen sie niemals ein Bild zu nivelliren, welches von unsichtbarem Licht herrührt, und hierin erweist sich das letztere, evident genug, als aus Strahlen bestehend, deren Brechbarkeit gröfser ist, als die gewöhnlichen prismatischen sie haben. Beweise hierfür mitzutheilen, wäre sehr überflüssig; denn dem Umstande, dafs die Bilder, welche von unsichtbaren Strahlen herrühren, von keinen sichtbaren zerstört werden, habe ich es, wie sich nunmehr herausstellt, zu verdanken, dafs ich die gleiche Wirkung des Lichts auf alle Körper und die Verallgemeinerung der Daguerre'schen Entdeckung auf Dämpfe aller Art gefunden habe.

Wie man sieht, giebt das Nivelliren durch Strahlen verschiedener Brechbarkeit ein so sehr erwünschtes Mittel die Gruppe der unsichtbaren Strahlen von den gewöhnlichen zu unterscheiden, und es ist gar nicht mehr nöthig, Versuche mit den Strahlen der ersteren Art in sogenannten finsteren Räumen und des Nachts anzustellen, um möglichen Bedenken vorzubeugen. Die beiden Arten von Strahlen unterscheiden sich so leicht, dafs ich an die Beantwortung der Frage gehen konnte, ob im Sonnen- oder Tageslichte Strahlen von der Brechbarkeit der unsichtbaren vorhanden seyen oder nicht. In der Camera obscura sind sie nicht vorhanden, in sofern jedes Bild innerhalb des Daguerre'schen Stadiums und sogar noch darüber hinaus, von blauem und violettem Licht nivellirt wird. Inzwischen konnte diefs möglicherweise daher rühren, dafs die Substanz der Linse diese unsichtbaren Strahlen (die man nicht mit den dunklen Ritter'schen Strahlen verwechseln darf) absorbire. Es war also nöthig, mit freier Sonne zu operiren, und zu dem Ende brachte ich über einer jodirten Silberplatte, und hinlänglich davon entfernt, einen ausgeschnittenen Schirm an, und hielt die Platte 1 oder 2 Secunden in die Sonne. Wurde sie nunmehr ohne Schirm unter ei-

nem blauen Glase in die Sonne gelegt, so entstand kein Bild. Um dieses negative Resultat auf eine positive Weise zu begründen, wurde die Platte hinter dem Schirm 3 Secunden, und während der Sonnenfinsternifs am 8. Juli, 14 Secunden der freien Sonne ausgesetzt, so dafs nachher ein deutliches Bild der Ausschnitte zu sehen war. Als die Platte hierauf in die Sonne unter einem blauen Glase gelegt wurde, war das Bild nach kurzer Zeit nivellirt und völlig verschwunden. Unter rothen, gelben und grünen Gläsern entwickelten sich Bilder derselben Art vielmehr deutlicher. Somit ist es bewiesen, dafs unter den verschiedenen Strahlen der Sonne die unsichtbaren Lichtstrahlen nicht enthalten seyen. Sie sind es eben so wenig im Tageslicht, wovon ich mich durch Versuche derselben Art hinlänglich überzeugt habe.

Wenn die Lichtstrahlen, welche jeder Körper als selbstleuchtender aussendet, der Sonne fehlen, so kann diefs daher rühren, dafs sie bei ihrem Durchgang durch die Atmosphäre absorbirt werden. Allein es sind auch andere Ansichten hierüber, geschöpft aus den Bewegungserscheinungen elastischer Körper, möglich, welche anzuführen hier nicht am Orte wäre, schon defshalb, weil Versuche, die ich zur vorläufigen Begründung der einen oder anderen Ansicht angestellt habe, bis jetzt noch kein Resultat geliefert haben.

Nach dem vorher Entwickelten ist es nunmehr möglich, die latente Farbe einiger Dämpfe zu bestimmen, und so wende ich mich in dieser Beziehung zuerst zu dem Quecksilberdampf. Das latente Licht desselben ist nicht blau oder violett: denn diese Farben nivelliren die Bilder innerhalb des Daguerre'schen Stadiums, während die Quecksilberdämpfe es gerade hervortreten lassen. Man kann sagen, es sei zum Glück für die Daguerreotypie, dafs dieser Dampf kein blaues u. s. w. Licht habe; sie wäre mit den sichtbaren Lichtstrahlen in dieser Art nicht möglich. Es versteht sich nach dem Obigen von selbst,

dafs der in Rede stehende Dampf auch kein weifses Licht gebunden habe. Auch rothes Licht kann er im latenten Zustande nicht besitzen; denn wenn man eine jodirte Silberplatte kurze Zeit in der Camera obscura läfst, so erhält man durch die Quecksilberdämpfe kein Bild, obgleich es unter rothen Gläsern sehr gut hervortreten würde. Von den mehrfachen Versuchen, welche ich hierüber anstellte, will ich nur anführen, dafs ich an einem Tage, an welchem die richtige Zeit zur Hervorbringung eines guten Daguerre'schen Bildes 10 Minuten betrug, die Silberplatte $\frac{1}{2}$, 1 Minute in der Camera obscura liefs, und nachher unter dem rothen Glase ein vollständiges (negatives) Bild erhielt. Ich liefs nun die Platte 1, 2, 3 Minuten der Lichtwirkung in der Camera obscura ausgesetzt, und brachte sie dann in die Quecksilberdämpfe; allein diese erzeugten kein Bild. Eine solche Platte blieb drei Tage über Quecksilber, welches zu verschiedenen Malen bis 60° R. und mehr erhitzt wurde; der Erfolg jedoch war eine gleichmäfsige Schicht condensirter Quecksilberdämpfe und keine Spur eines Bildes. Zu sehr verschiedenen Zeiten, und als ich die Rolle der Dämpfe im Allgemeinen schon kennen gelernt hatte, war ich von diesem Resultat vielfacher Versuche frappirt; jetzt freilich wird bei Berücksichtigung der latenten Farbe dieser Dämpfe erhellen, dafs der Erfolg kein anderer hatte seyn können. Um in dieser Beziehung noch einmal auf die Daguerreotypie zurückzukommen, mufs man es bedauern, dafs die latente Farbe des Quecksilberdampfes die rothe nicht ist; sie würde ihre Bilder nach einer sehr kurzen Einwirkung des Lichts und wahrscheinlich in einem weniger grauen Ton liefern.

Die Farbe des latenten Lichts der Quecksilberdämpfe ist gelb; alle mir bekannten Phänomene sind hiermit in Uebereinstimmung. In dem Stadium, in welchem die gelben Strahlen das Bild auf Silberjodid nicht mehr zu nivelliren vermögen, lassen es auch die Queck-

silberdämpfe hervortreten; in den früheren Stadien nivelliren die gelben Strahlen und auch die Quecksilberdämpfe Bilder, welche die gewöhnlichen Lichtstrahlen hervorbrachten. Die Schwärzung, welche gelbes Licht so leicht hervorruft, gelingt den Quecksilberdämpfen nicht minder, ja es scheint, als wenn der gewöhnliche graue oder bräunliche Ton Daguerre'scher Bilder, namentlich wenn sie viel Datail zeigen, von einer theilweisen Schwärzung des Jodids durch den Quecksilberdampf herrühre. So wie das gelbe Licht am leichtesten das negative Bild, wie man es aus einer Camera obscura erhält, in ein positives umwandelt, so kehren auch die Quecksilberdämpfe bei fortgesetzter Einwirkung, oder bei einer etwas höheren Spannung das gewöhnliche Bild leicht um, wie ich diefs in meinem früheren Aufsatze S. 215 bereits gezeigt habe. Das gelbe Licht bewirkt die Umkehrung, indem es das noch nicht afficirte Jodid schwärzt, und das schon geschwärzte wieder entfärbt. Der Quecksilberdampf wirkt ähnlich auf die noch nicht afficirten Stellen, welche also die Schattenparthieen des richtigen Bildes darstellen; er fängt daselbst die Wirkung an, wird auf diesen Stellen demzufolge condensirt und kehrt das Ansehen des Bildes um. Das letztere erhält sich dann, wovon ich mich in neuerer Zeit überzeugt habe, Tage lang über Quecksilber, welches, so oft man will, erwärmt wird. Hiernach wäre die von mir in dem früheren Aufsatze S. 219 ausgesprochene Meinung, nach welcher das Quecksilber sich bei fortgesetzter Einwirkung der Dämpfe von den Stellen entferne, welche es anfangs getroffen, zu modificiren.

Wenn gelbes Licht ein negatives Bild umkehrt, so tritt ein Moment ein, wo kein Bild auf der Platte unterschieden werden kann, worauf es dann später positiv wird. Entzieht man die Platte in diesem Augenblicke der Einwirkung des gelben Lichts, und setzt sie den Quecksilberdämpfen aus, so erzeugen auch diese ein po-

sitives Bild, welches von dem, unter dem gelben Glase erzeugten nicht zu unterscheiden ist. Die Quantität Quecksilberdampfs, welche sich bei der einen Art des Versuchs auf der Platte niederschlägt, ist zu unbedeutend, beide Bilder verschieden erscheinen zu lassen.

Auch das Verhalten des Quecksilberdampfes gegen Lichtwirkungen, welche von den unsichtbaren Strahlen ausgehen, ist eben so charakteristisch, als es beweisend für seine latente Farbe ist. Er zerstört niemals ein Bild, welches diese Strahlen hervorbrachten, allein er erzeugt es sehr oft erst bei anhaltender Einwirkung, wie ich diefs schon S. 214 des früheren Aufsatzes angegeben; nur dann, wenn die unsichtbaren Strahlen lange gewirkt haben, entsteht ihr Bild im Quecksilberdampfe rasch. Der eigentliche Grund hiervon konnte mir damals nicht einleuchten; jetzt hat diefs keine Schwierigkeit, denn mit dem gelben Lichte ist es eben so beschaffen. Es nivellirt kein Bild, welches unsichtbare Lichtstrahlen auf dem Jodsilber hervorgerufen haben; allein es dauert eine lange Zeit, selbst in der Sonne, ehe ein Bild in den früheren Stadien zum Vorschein kommt. Und auch dann sieht man in der Regel nur Spuren des Bildes, wie ich diefs S. 209 schon angegeben, wahrscheinlich, weil gelbe wie rothe Gläser viele Wärmestrahlen durchlassen, wodurch das Jodid verändert, und der Versuch gestört wird.

Was nunmehr den *Joddampf* anbetrifft, so ist die Farbe seines latenten Lichtes *blau* oder *violett*. Denn dieser Dampf nivellirt unfehlbar jedes Bild innerhalb des Daguerre'schen Stadiums, ja er nivellirt sogar ein ziemlich entwickeltes negatives Bild. Also haben diese Dämpfe weder rothes, gelbes noch grünes Licht latent, und sie verhalten sich wie blaue oder violette Gläser. Erst dann, wenn das negative Bild sehr weit vorgerückt ist, wie in einem Falle, wo ich die jodirte Platte 10 Stunden in der Camera obscura liefs, nivellirt der Joddampf dasselbe auch bei der anhaltendsten Wirkung nicht. Trotz der

mannichfachen Farben, welche er dann hervorruft, ist das Bild noch immer kenntlich.

Während die Dämpfe des Jod die Bilder der gewöhnlichen Lichtstrahlen leicht und vollständig nivelliren; lassen sie Bilder von unsichtbaren Lichtstrahlen so gut hervortreten, als blaue oder violette Gläser, und sind zu diesem Behufe sehr brauchbar. Auf eine jodirte Silberplatte legte ich eine gravirte Messingplatte, einen eisernen Körper, ein Silberplättchen und einen Ring von schwarzem Horn während mehrerer Stunden. Die Platte zeigte nachher nichts; allein in die Joddämpfe gebracht, bis das gelbe Jodid eine blaue Farbe angenommen, war das Abbild der genannten Körper gut sichtbar, und entwickelte sich vollends unter einem blauen Glase mit allem Detail. Andere Beweise ähnlicher Art enthält bereits mein früherer Aufsatz.

Wenn man die Natur der Joddämpfe in Erwägung zieht, so kommt man zu dem Schlufs, dafs das Jodiren der Silberplatten nicht unter allen Umständen die Empfindlichkeit derselben steigern werde. Allerdings, wenn man es mit den gewöhnlichen Lichtstrahlen, etwa in einer Camera obscura zu thun hat; dann ist es sehr nöthig, das Silber vorher zu jodiren, wobei es der Wirkung des frei werdenden blauen oder violetten Lichts ausgesetzt wird. Allein dieselbe Operation kann nichts nützen, wenn man mit unsichtbarem Licht operirt; hier mufs es so gleichgültig seyn, ob man die Platte vorher jodire, als es bei den gewöhnlichen Experimenten gleichgültig seyn würde, eine jodirte Silberplatte, ehe sie in die Camera obscura gebracht wird, einer Bestrahlung von gelbem oder rothem Licht auszusetzen. Es mag freilich sonderbar klingen, wenn auf eine reine Silberplatte zuerst das Licht und dann das Jod wirken soll, um ein wahrnehmbares Bild zu erhalten; allein die Vermuthung geht aus der Natur der unsichtbaren Strahlen und aus der des Joddampfes hervor, und die Experimente bestätigen sie.

Auf eine reine Silberplatte wurden Körper aus Messing, Silber, Horn, Glas u. s. w. gelegt, nur während zwei Minuten. Als hierauf die Platte in die Joddämpfe gebracht wurde, war das Abbild der Körper schon sichtbar, wiewohl schwach; unter dem blauen Glase oder im Tageslicht wurden die Bilder stärker, und zeigten viel Detail. Aehnliche Versuche habe ich oft anzustellen Gelegenheit gehabt, und mich überzeugt, daſs das Silberjodid gegen das reine Silber, mit Bezug auf unsichtbare Strahlen, keinen Vortheil gröſserer Empfindlichkeit gewähre. Der einzige Umstand, daſs sich diese Platten am leichtesten unmittelbar nach dem Poliren, mit einer gleichmäſsigen Schicht Jodid überziehen, kann die vorhergehende Jodirung wünschenswerther erscheinen lassen.

Da sich dieſs so verhält, so bin ich im Stande, eine eigenthümliche Schwierigkeit zu heben, auf welche ich gestoſsen war, und zugleich, falls es dessen noch bedürfen sollte, einen neuen Beweis zu liefern, wie unzureichend diese Art von Versuchen zu einer *Messung* von Lichtintensitäten ist. Als ich nämlich die Wirkung des gewöhnlichen Lichts auf reines Silber, Kupfer und Glas untersuchte, war ich genöthigt, Sonnenlicht, und zwar während 1 oder 2 Stunden anzuwenden, um dann durch Quecksilber-, Wasser- oder Joddampf Bilder zu erhalten. Würde ich Silberjodid genommen haben, so wäre $\frac{1}{4}$ Secunde hinreichend gewesen, damit die Quecksilberdämpfe die Wirkung der Sonne offenbarten. Das reine Silber stand somit dem Jodsilber an Empfindlichkeit ganz unverhältniſsmäſsig nach, und dieſs konnte man sich gefallen lassen. Allein so war es in anderen Versuchen nicht; bei denjenigen, deren Erfolg ich in meinem früheren Aufsatze von einer Berührung ableiten zu müssen glaubte, hatte ich Bilder auf reinem Silber in 10, und später, wie ich schon anführte, sogar in 2 Minuten erhalten. Hier erwies sich also das reine Silber, und so auch andere Körper, als sehr empfindlich, und dem Jodsilber keinesweges

nachstehend. Dieser Widerspruch löst sich nunmehr, und zwar auf eine Weise, die vermuthen läfst, dafs es überhaupt mit der Empfindlichkeit der verschiedenen Substanzen gegen das Licht einfacher sich verhalten werde, als man bisher hätte meinen sollen. Man wird es nämlich so ansehen können, dafs die brechbarsten Strahlen oder diejenigen, deren Oscillationsdauer die geringste ist, zugleich die intensivsten, mit Bezug auf die in Rede stehenden Effecte, namentlich am geeignetsten seyen, eine Wirkung anzufangen. Dehnt man diese Annahme auch auf die unsichtbaren Lichtstrahlen mit ihrer gröfseren Brechbarkeit aus, so ist es nun natürlich, dafs diese Strahlen auf die reinen Metalle, Glas u. s. w. leicht wirken werden, auf welche die sichtbaren Strahlen sich so wenig intensiv erweisen. Diese letzteren verhalten sich zu den ersteren, wenn es sich um eine Wirkung auf reines Silber z. B. handelt, nicht anders, als rothe oder gelbe Strahlen zu den blauen, wenn man sie auf Jodsilber prüft. Daher mufs das gewöhnliche Licht in starker Intensität und selbst dann noch anhaltend angewandt werden, wenn seine Wirkung durch die Dämpfe angezeigt werden soll. Läfst man das Silber aber jodiren, so hat das violette oder blaue latente Licht dieses Dampfes auf die Substanz eingewirkt, und dann ist es mindestens abzusehen, wie dieselbe nunmehr gegen die sichtbaren Lichtstrahlen empfindlicher habe werden können. Diese Ansicht weiter zu verfolgen, ist mir bis jetzt bei dem Mangel an Versuchen mit anderen jodirten Metallen nicht möglich, und so kehre ich zur latenten Farbe der Dämpfe zurück.

Was diejenige des *Chlor*, *Brom*, *Chlor- und Bromjods* betrifft, so ist sie von der des Jod, wenn überhaupt, dann doch sehr wenig verschieden. Diese Dämpfe zeigen im Allgemeinen dieselben Eigenschaften, als das Jod, und wenn die Brechbarkeit ihres latenten Lichts verschieden ist, so kann es sich dabei nur um Unterschiede

handeln, welche sich für jetzt der Untersuchung noch entziehen.

Eben so wie die Joddämpfe verhalten sich in allen mir bekannten Erscheinungen die *Wasserdämpfe*; wo die ersteren ein Bild nivelliren, da thun es auch die letzteren, wo die ersteren ein Bild hervorbringen, da vermögen es auch die letzteren. Jedes Bild innerhalb des Daguerre'schen Stadiums wird von den Wasserdämpfen nivellirt, und wenn dasselbe, nachdem es aus der Camera obscura genommen worden, einige Male behaucht, oder den Dämpfen erwärmten Wassers ausgesetzt wird, so ist es so vollkommen zerstört, dafs es in den Quecksilberdämpfen nicht mehr zum Vorschein kommt. Wenn dagegen die unsichtbaren Lichtstrahlen ein Bild, auf welcher Substanz man wolle, hervorgebracht haben, dann nivelliren es die Wasserdämpfe nicht; sie lassen es umgekehrt hervortreten, ja wenn es anfangs schwach seyn sollte, so macht ein öfteres Behauchen das Bild deutlicher.

Man nehme also jodirte Silberplatten, welche ein äufserlich noch nicht zu erkennendes Bild empfangen haben. Entstand das Bild in der Camera obscura und überhaupt durch gewöhnliche Lichtstrahlen, so tritt es in den Dämpfen von Jod, Wasser und unter dem blauen Glase nicht allein nicht hervor, sondern es wird nivellirt und zerstört. Entstand das Bild dagegen von unsichtbaren Lichtstrahlen, dann tritt es gerade durch die Dämpfe von Jod, Wasser und unter dem blauen Glase hervor.

Wenn man aus dieser Gleichheit der Wirkung von Jod, Wasserdampf und blauem oder violettem Glase schliefsen wollte, dafs auch die Wasserdämpfe blaues oder violettes Licht gebunden enthielten und bei der Condensirung frei lassen, so mufs ich zu bedenken geben,

1) dafs ich bis jetzt keinen Unterschied zwischen blauem und unzerlegtem (weifsen) Licht gefunden;

2) dafs die Untersuchung so weit noch nicht gediehen sey,

ım ferner einen Unterschied zwischen Strahlen von
ʒleicher Brechbarkeit, also zwischen blauem, violet-
ınd dunklem Licht (welches ich wiederum bitten
nicht mit dem unsichtbaren Lichte zu verwechseln)
eben. Bei der Wichtigkeit des Wasserdampfes mag
ie Untersuchung seiner latenten Farbe nicht für ab-
lossener erscheinen lassen, als dieſs für jetzt mög-
ıt, und ich muſs mich einstweilen begnügen, ermittelt
ben, daſs diese latente Farbe bestimmt nicht grün,
orange oder roth ist, daſs dieselbe aber doch zu den
hnlichen prismatischen Farben zu gehören scheine,
h niemals den Wasserdampf ein Bild der unsicht-
Lichtstrahlen habe nivelliren sehen.

ch werde diesen Aufsatz mit einem Beispiele be-
ſsen, welches zeigen soll, wie etwas complicirte Phä-
ne sich einfach aus der Kenntniſs der latenten Farbe
Dampfarten erklären lassen; das Beispiel hat zugleich
ie practische Ausführung der Versuche dieser Sphäre
ziemlich beträchtliche Wichtigkeit. Wenn man un-
ıares Licht auf reines Kupfer, und zwar verhältniſs-
ʒ kurze Zeit wirken läſst, so wird man in Queck-
dampf von der gewöhnlichen Spannung erst nach
n Stunden das Bild erhalten. Nimmt man die Platte
r heraus, so sieht man oft keine Spur eines Bildes.
bringe man aber die Platte in die Joddämpfe und
wird schon nach einigen Secunden das vollständig
iche Bild in allem Detail erhalten. Diese Methode
ɔeriren, hatte ich zufällig gefunden und in meinem
ren Aufsatze empfohlen, ohne daſs ich damals den
d hätte angeben können, welcher die vorläufige An-
ung von Quecksilberdampf vortheilhaft macht, ob-
ı dieser Dampf häufig kein Bild hervortreten läſst.
ıehr sieht man denselben aus der gelben latenten
e des Dampfes ohne Schwierigkeit ein. Offenbar
lt sich gelbes Licht zu dem unsichtbaren, beson-
wenn dieses eine gewiſse Zeit gewirkt hat, wie ro-

thes Licht zu dem violetten oder dunklen, und eine Kupferplatte, welche von den unsichtbaren Strahlen einen Eindruck empfangen hat, erst den Quecksilberdämpfen, dann dem Jod aussetzen, heifst ungefähr so viel, und ist eben so motivirt, als eine jodirte Silberplatte, welche eine gewisse Zeit in der Camera obscura gewesen, erst der gleichmäfsigen Bestrahlung von rothem und dann von gelbem oder grünem Lichte aussetzen. Nachdem auf diese Weise der Grund für das Verfahren gefunden woden, war es vorher zu sehen, dafs dasselbe überall vortheilhaft seyn werde, und so hat es eine Reihe von Versuchen bestätigt, in welcher ich unsichtbare Strahlen auf Gold, reines Silber, Neusilber, Messing, Eisen, Stahl, Zink, ja sogar auf gewöhnlich lakirtes Blech wirken liefs. Bei dem reinen Silber erst das Licht, dann Quecksilber und endlich Joddampf wirken zu lassen, ist die vollständigste Umkehrung des Verfahrens von Daguerre, und darin begründet, dafs man es mit Licht von einer gröfseren Oscillationsgeschwindigkeit zu thun hat.

Königsberg, im Juli 1842.

II. *Zusammenhang zwischen Elasticität und Verdampfung.*

Herr Rowell zu Oxford hing an Seidenfäden zwei flache Schalen von 8½ Zoll Durchmesser über einem im täglichen Gebrauch stehenden Ofen auf, gofs in jede acht Unzen Wasser, und setzte die eine durch einen dünnen Kupferdraht in leitende Verbindung mit dem Boden. Nach 25 Stunden betrug die verdampfte Wassermenge für die isolirte Schale 2 Unzen 279 Grains, für die nicht isolirte 3 Unzen 144 Gr., also 345 Gr. mehr. (*Annals. of Phil. S. III. Vol. XX. p.* 45.)

III. *Beobachtungen über einige elektrolysirende Wirkungen der einfachen Kette; von C. F. Schoenbein.*

Es ist eine bekannte Sache, dafs die kräftigste einfache Kette nur ein sehr schwaches chemisches Zersetzungsvermögen äufsert, wenn dieselbe durch reines Wasser geschlossen wird und man sich hierbei des Platins oder des Goldes als Elektroden bedient. Selbst dadurch, dafs man das Leitungsvermögen des Wassers durch Zusatz von etwas Schwefelsäure oder Salpetersäure vermehrt, kann keine merkliche Zerlegung des erwähnten Elektrolyten bewerkstelligt werden, obwohl der polare Zustand, den die Gold- oder Platinelektroden annehmen, den Beweis liefert, dafs unter diesen Umständen eine Wasserzersetzung stattfindet. Meines Wissens hat der sinnreiche Grove zuerst [1]) auf den wichtigen Umstand aufmerksam gemacht, dafs die Anwesenheit von freiem Sauerstoff oder Wasserstoff in dem Wasser der Zersetzungszelle oder Kette einen merklichen Einflufs auf die Stärke des Stromes der Vorrichtung ausübt, oder was dasselbe sagen will, die Elektrolyse des Wassers befördert. Edmund Becquerel wies später durch eine Reihe von Versuchen nach, dafs auch noch andere Materien, dem Wasser der Zersetzungszelle beigemischt, die Zerlegung dieser Flüssigkeit begünstigen, dafs namentlich Chlor und Brom diese Wirkung ausüben, überhaupt aber ein solches Vermögen alle die Substanzen zeigen, welche eine starke Affinität entweder zum Sauerstoff oder zum Wasserstoff des Wassers haben.

1) Schon vor Grove hat Faraday sehr schöne Beobachtungen gemacht über den Einflufs, den die chemische Beschaffenheit der in der Zersetzungszelle befindlichen Stoffe auf die elektrolysirende Kraft der Kette ausübt. Schönbein.

Da diese Thatsachen in einer unmittelbaren Beziehung zu stehen scheinen zu der Theorie über die Quelle der Volta'schen Elektricität und geeignet seyn möchten, ein neues Licht zu werfen auf den Zusammenhang, welcher zwischen chemischen und elektrischen Thätigkeiten stattfindet, so habe ich geglaubt Etwas zur Schlichtung des immer noch fortdauernden Streites über die Ursache der hydroelektrischen Ströme dadurch beitragen zu können, daſs ich den Kreis der erwähnten Thatsachen erweiterte und die Bedingungen genauer, als bisher geschehen, ermittelte, unter welchen die elektrolysirenden Wirkungen der einfachen Kette vermehrt werden.

Ob es meinen Bemühungen gelungen ist, diesen Zweck zu erreichen, dieſs wird am besten der Inhalt der nachstehenden Arbeit zeigen, und will ich dem Urtheile der unpartheiischen Männer der Wissenschaft zu unterscheiden überlassen.

Ehe ich zur Beschreibung meiner Versuche übergehe, will ich einmal für allemal bemerken, daſs die Kette, welche ich zur Anstellung derselben gebraucht, aus Guſseisen und Zink bestand, ersteres Metall in concentrirte Salpetersäure, letzteres in verdünnte Schwefelsäure tauchte, und beide Flüssigkeiten durch eine poröse Thonzelle von einander getrennt waren. Die Gröſse der elektromotorischen Kraft dieser Vorrichtung war so, daſs der Anker eines Elektromagneten, durch dessen Spirale der Strom der Kette ging, mit einem Gewichte von dreihundert Pfunden belastet werden konnte, ohne daſs der Anker von dem Hufeisen hierdurch abgerissen worden wäre.

Die von mir mit diesem Apparate angestellten Versuche und erhaltenen Resultate waren folgende:

1) Zwei Platinstreifen wurden auf die bekannte (elektrochemische) Weise mit Bleihyperoxyd oder Silberhyperoxyd überzogen und auf das Sorgfältigste mit reinem Wasser abgespült. Lieſs ich nun dieselben als Elektroden der fraglichen Kette in reines Wasser ein-

tauchen, so trat an der positiven Elektrode eine sehr merkliche Entwicklung von Sauerstoffgas ein. Wurde das Wasser mit einigen Tropfen Salpetersäure versetzt, so fiel die Gasentwicklung an der positiven Elektrode noch viel lebhafter aus und dauerte dieselbe so lange an, bis jede Spur des Hyperoxydes an der negativen Elektrode verschwunden war. Mit dem dem Verschwinden des letzten Theilchens jener Substanz hörte auch die wahrnehmbare Zersetzung des Wassers auf. Es ist kaum nöthig anzuführen, dafs die Elektrolyse dieser Flüssigkeit ganz unmerklich ausfällt, wenn reine Platinelektroden in das reine oder gesäuerte Wasser eintauchen, oder wenn nur die positive Elektrode eine Hülle von Hyperoxyd hat. Ob beide Platinelektroden mit Hyperoxyd überzogen waren, oder nur die negative allein, schien auf die Lebhaftigkeit der Wasserzersetzung keinen merklichen Einflufs auszuüben.

2) Wurden Streifen von Kupfer, Eisen, Palladium Blei etc. erst bis zum Anlaufen erhitzt, dann als negative Elektrode in reines oder schwach (mit Schwefelsäure oder Salpetersäure) gesäuertes Wasser eingeführt und als positive Elektrode Gold oder Platin gebraucht, so fand an letzterer eine sichtliche Entwicklung von Sauerstoffgas statt, die auch wieder nur so lange dauerte, bis die Oxydhülle der negativen Elektrode gänzlich reducirt war.

3) Wurden Platinstreifen mit leicht reducirbaren Metalloxyden, z. B. mit denen des Kupfers, des Zinnes, des Bleies überzogen und als negative Elektrode der Kette in schwach gesäuertes Wasser eingeführt, so erhielt ich ein Resultat, ganz übereinstimmend mit dem vorhergehenden.

4) Tauchte ich zwei Platinstreifen in eine starke Auflösung von Chromsäure oder chromsaurem Kali, oder in concentrirte Schwefelsäure, oder in starke Salpetersäure ein, und liefs ich dann dieselben in reinem oder schwach gesäuertem Wasser als Elektroden der Kette

genblicke in Chlor- oder Bromgas, und läfst man diese Streifen dann in gesäuertem Wasser als Elektroden der Kette functioniren, so findet eine viel lebhaftere Sauerstoffgasentwicklung an der positiven Elektrode statt, als die ist, welche man bei Anwendung der gewöhnlichen Bleche dieser Metalle erhält. Natürlich dauert unter diesen Umständen die Entbindung des Sauerstoffes nur sehr kurze Zeit; auch bedarf es kaum der Erwähnung, dafs man das gleiche Resultat erhält, wenn nur die negative Elektrode mit Chlor oder Brom in Berührung gesetzt worden ist.

11) Tauchen gewöhnliche Gold- oder Platinstreifen als Elektroden der Kette in schwach gesäuertes Chlor- oder Bromwasser ein, so findet an der positiven Elektrode eine stetige und ziemlich lebhafte Sauerstoffgasentwicklung statt. Diese Gasentbindung ist selbst dann schon sehr merklich, wenn das Chlor- oder Bromwasser auch keinen Zusatz von Säure erhalten hat.

12) Bedient man sich des reinen oder schwach gesäuerten Wassers als Zersetzungsflüssigkeit, und führt man in die letztere Gold- oder Platinstreifen ein, die man vorher in gewöhnliche Salzsäure getaucht hatte, so findet für einige Augenblicke eine lebhafte Wasserstoffgasentwicklung an der negativen Elektrode statt.

13) Wird gewöhnliche Salzsäure als Zersetzungsflüssigkeit gebraucht und werden Gold- oder Platinstreifen als Elektroden der Kette in diese Säure eingeführt, so tritt eine stetige und sehr lebhafte Wasserstoffgasentwicklung an der negativen Elektrode ein, während das Gold oder das Platin der positiven Elektrode rasch in der Zesetzungsflüssigkeit sich auflöst.

14) Wird entweder reines oder schwach (durch Schwefelsäure) gesäuertes Wasser als Zersetzungsflüssigkeit in Anwendung gebracht, und läfst man als Elektroden der Kette Streifen von amalgamirtem Zink oder von Kupfer, oder von irgend einem leicht oxydirbaren Metalle in diese Flüssigkeit treten, so findet an der ne-

gativen Elektrode eine Wasserstoffgasentwicklung statt, welche um so lebhafter ausfällt, je oxydirbarer das Metall der Elektroden ist. Bestehen die Elektroden aus Eisen, so treten ganz eigenthümliche Erscheinungen ein, welche in der nachfolgenden Abhandlung umständlicher besprochen werden sollen.

Aus allen voranstehenden Angaben, denen ich noch viele ähnliche beifügen könnte, erhellt deutlich, dafs die in der Zersetzungszelle befindlichen Materien einen entschiedenen Einflufs auf die chemische Wirksamkeit der Kette, oder was auf das Gleiche hinauskommt, auf die Stärke des Stroms der Kette ausüben. Untersuchen wir diesen Einflufs näher, so zeigt es sich, dafs derselbe einzig und allein bedingt wird und abhängig ist von der chemischen Natur der in der Zersetzungszelle anwesenden Substanzen.

Ist die Zersetzungsflüssigkeit z. B. Wasser, und tauchten in dasselbe Gold- oder Platinelektroden ein, so vermag unter diesen Umständen der Strom der Kette keine wahrnehmbare Elektrolyse des Wassers zu bewerkstelligen. Umgeben wir aber die negative Elektrode mit einem Stoffe, welcher zu dem Wasserstoffe eine grofse chemische Verwandtschaft besitzt, so wird das Wasser merklich zerlegt, wie der an der positiven Elektrode sich entbindende Sauerstoff beweist.

Der Sauerstoff des Blei- oder Silberhyperoxydes, der Sauerstoff der Salpetersäure, der Chromsäure, der Magansäure, der concentrirten Schwefelsäure; der Sauerstoff der leicht reducirbaren Metalloxyde, der an der negativen Platinelektrode haftende freie Sauerstoff, das Chlor und das Brom, alle diese Körper sind mit einer grofsen Verwandtschaft zum Wasserstoff des Wassers begabt und es ist eben die Anwesenheit dieser Materien in dem Wasser, oder vielmehr an der negativen Elektrode, welche die Elektrolyse dieser Flüssigkeit begünstigt oder eigentlich verursacht.

Schlagen wir ein umgekehrtes Verfahren ein, d. h.

umgeben wir die positive Elektrode mit einem Körper, der zum Sauerstoffe des Wassers eine grofse Affinität besitzt, so wird auch hiedurch die Elektrolyse des Wassers befördert. Ist also die positive Platinelektrode mit einer Hülle von Wasserstoff umzogen, oder ist das Metall dieser Elektrode selbst eine leicht oxydirbare Substanz, so tritt, wie wir gesehen haben, eine lebhafte Wasserstoffentwicklung an der negativen Elektrode ein.

Wie sehr das Stromresultat der Kette oder die Elektrolyse des Wassers von den Verwandtschaftsverhältnissen der Stoffe abhängig ist, die sich in der Zersetzungszelle befinden, zeigen auf die schönste Weise die unter 5) angeführten Thatsachen. Es ist bekannt, dafs Wasserstoff im nascirenden Zustande der Salpetersäure dargeboten, letztere zu salpetrichter Säure reducirt, vorausgesetzt, die Salpetersäure besitze einen gewissen Concentrationsgrad. Verdünnt man dieselbe mit einer hinreichenden Menge Wassers, so wirkt der nascirende Wasserstoff nicht mehr merklich auf diese Säure ein. Dieses Verhalten zeigt sich bekanntermaafsen am deutlichsten, wenn man den Strom einer Säule das eine Mal durch concentrirte, das andere Mal durch verdünnte Schwefelsäure gehen läfst. Im ersteren Falle entwickelt sich kein Wasserstoff an der negativen Elektrode; im letzteren Falle entbinden sich Wasserstoff und Sauerstoff in den bekannten Raumesverhältnissen. Befindet sich nun concentrirte Salpetersäure in der Zersetzungszelle unserer Kette und tauchen Gold- oder Platinelektroden in diese Flüssigkeit ein, so ist unter diesen Umständen die negative Elektrode fortdauernd mit einer Materie umgeben, welche eine starke Verwandtschaft gegen den Wasserstoff ausübt; woher es nun eben auch kommt, dafs unter solchen Verhältnissen der Strom der Kette das Wasser lebhaft zersetzt, während dieselbe Kette so gut als wirkungslos ist, wenn verdünnte Salpetersäure als Zersetzungsflüssigkeit dient.

Die gewöhnliche Schwefelsäure des Handels im unverdünnten Zustande zeigt, obwohl in schwächerem Grade, gegen den nascirenden Wasserstoff ein Verhalten, ähnlich demjenigen der Salpetersäure, und diefs ist der Grund, warum an der positiven Elektrode einer einfachen Kette sich Sauerstoff entbindet, wenn jene Säure als Zersetzungsflüssigkeit dient, während diefs in einer mit Wasser stark verdünnten Säure nicht geschieht.

Nach obigen Angaben zersetzt der Strom einer Kette die Salzsäure sehr lebhaft, selbst in dem Falle, wo die Elektroden Gold oder Platin sind. Säuert man Wasser schwach, in einem Falle mit Salzsäure, im andern Falle mit Schwefelsäure oder Salpetersäure und läfst man Gold- oder Platinstreifen als Elektroden der Kette in der einen und der andern dieser Flüssigkeiten functioniren; so wird man an der negativen Elektrode, die in das salzsäurehaltige Wasser taucht, eine merkliche Gasentwicklung bemerken, während man an der gleichen Elektrode, welche in das schwefelsäurehaltige Wasser taucht, kaum ein Bläschen Wasserstoff aufsteigen sieht. Diese Thatsachen finden ihre Erklärung in der Verschiedenheit des chemischen Verhaltens des Sauerstoffs und des Chlors zum Platin und zum Golde. Bekanntlich können sich diese Metalle schon auf directem Wege mit Chlor verbinden, während sie sich nicht auf die gleiche Weise mit dem Sauerstoffe zu vereinigen vermögen. Hieraus wird von den Chemikern der Schlufs gezogen, dafs die Verwandtschaft des Chlors zum Golde und zum Platin gröfser sey, als diejenige des Sauerstoffes zu den gleichen Metallen. Indem nun die positive Goldelektrode der Kette eine gröfsere chemische Anziehung gegen das Chlor der Salzsäure ausübt, als die Anziehung ist, welche dieselbe Elektrode gegen den Sauerstoff des Wassers äufsert, ist auch die Elektrolyse, die im salzsäurehaltigen Wasser stattfindet, ungleich lebhafter, als es diejenige ist, die wir im schwefelsäurehaltigen Wasser wahrnehmen.

Dient letzteres als Zersetzungsflüssigkeit und nehmen wir anstatt Gold- oder Platinbleche, Streifen von Kupfer oder Zink, als Elektroden, so wird in diesem Falle eine eben so lebhafte Wasserstoffentwicklung an der negativen Elektrode stattfinden, als die ist, welche man erhält, wenn Goldelektroden in salzsäurehaltiges Wasser eintauchen. Nach den bereits gemachten Bemerkungen ist es kaum nöthig, über die erwähnte Thatsache eine weitere Erklärung zu geben. Im fraglichen Falle steht die positive Kupfer- oder Zinkelektrode in einer chemischen Beziehung zu dem Sauerstoffe des Wassers, ähnlich derjenigen, welche die positive Gold- oder Platinelektrode zum Chlor der Salzsäure hat. Die Aehnlichkeit dieser Beziehungen, welche in den beiden Fällen stattfindet, hat auch eine Aehnlichkeit des Stromresultates zur Folge.

Eine wichtige Frage, die wir nun zu beantworten haben, ist die: in welcher Weise wirken die Substanzen, von welchen die Elektroden umgeben sind, begünstigend auf die Elektrolyse des Wassers ein?

Wenn z. B. die negative Elektrode mit Chlor, mit Brom, mit freiem Sauerstoff, oder mit Sauerstoff locker gebunden an andere Substanzen, umhüllt ist, bewirkt dieses Chlor, dieses Brom, dieser Sauerstoff eine Trennung der Wasserelemente dadurch, dafs die vorhin genannten Körper eine chemische Anziehung ausüben gegen den noch gebundenen Wasserstoff des Wassers der Zersetzungszelle, und dafs diese chemische Anziehung sich addirend zu der in gleicher Richtung wirkenden Zersetzungskraft des Stromes der Kette, dasjenige bewerkstelligt, was letzterer für sich allein nicht zu thun vermöchte?

Wie es scheint sind Grove und Becquerel dieser Meinung. Wir werden später auf diese Ansicht zurückkommen.

Diejenigen, welche von den Grundsätzen der Contactshypothese ausgehen, könnten vielleicht die fragliche

Wasserzersetzung so erklären wollen, dafs sie sagen: man führe durch die genannten (an der negativen Elektrode haftenden) Substanzen eine neue elektromotorische Kraft in die Kette ein, die einen Strom in Bewegung setze, welcher mit dem Strome der Kette einerlei Richtung habe. Diese Ansicht kann aber aus dem einfachen Grunde nicht geltend gemacht werden, weil die Wasserzersetzung auch noch dann erfolgt, wenn beide Elektroden mit der gleichen Substanz umgeben sind. Nach der Contactshypothese müssen sich in diesem Falle die elektromotorischen Wirkungen der in die Flüssigkeit der Zersetzungszelle eintauchenden Elektroden gegenseitig aufheben, und es kann somit durch jene die Intensität des Stroms der Kette nicht vermehrt werden.

Ist die Flüssigkeit der Zesetzungszelle z. B. concentrirte Salpetersäure oder Chromsäure, und sind die beiden Elektroden Gold oder Platin, so entwickelt sich, obigen Angaben zufolge, Sauerstoffgas sehr lebhaft an der positiven Elektrode, während der elektrolytisch ausgeschiedene Wasserstoff an der negativen Elektrode die daselbst vorhandenen Säuren desoxydirt. Welche elektromotorische Thätigkeit nun auch bei der Berührung zwischen Salpetersäure und Platin stattfinden mag, so ist klar, dafs in dem vorliegenden Falle diese Thätigkeit keinen Einflufs auf das Stromresultat ausüben kann, da die beiden aus dem gleichen Metalle bestehenden Elektroden in eine gleiche Säure eintauchen.

Da nach dem Ohm'schen Gesetze die Gröfse des Stromes einer Kette gleich ist ihrer elektromotorischen Kraft, getheilt durch den Gesammtwiderstand der Kette, so dürfte man geneigt seyn, die Vermehrung der Intensität des Stromes oder, was dasselbe ist, die Steigerung der elektrolysirenden Kraft der Kette, welche durch die Einführung gewisser Substanzen in die Zersetzungszelle bewerkstelligt wird, zunächst in einer Verminderung des fraglichen Widerstandes zu suchen. Der in der Zer-

setzungszelle ausgeübte Widerstand setzt sich nach der Absicht vieler Physiker zusammen: erstens aus dem Leitungswiderstande der zwischen den Elektroden befindlichen elektrolytischen Flüssigkeit und zweitens aus dem Widerstande, der da stattfindet, wo die Elektroden und der Elektrolyt sich begränzen und Uebergangswiderstand genannt wird. Was nun den Leitungswiderstand der Flüssigkeit betrifft, so kann nicht angenommen werden, daſs derselbe bei den in dieser Abhandlung besprochenen Erscheinungen eine merklich einfluſsreiche Rolle spiele. Denn wenn wir zwei Platinbleche z. B. mit concentrirter Salpetersäure befeuchten und dieselben als Elektroden der Kette in reines Wasser einführen, so darf man die unter diesen Umständen an der positiven Elektrode stattfindende Sauerstoffgasentwicklung nicht der Verminderung des Leitungswiderstandes der in der Zersetzungszelle befindlichen Flüssigkeit zuschreiben, da die in diese letztere gebrachte Menge von Säure zu unbedeutend ist, als daſs dadurch die bestehenden Leitungsverhältnisse merklich verändert werden könnten.

Daſs übrigens das erhaltene Resultat nicht von der Verminderung des Leitungswiderstandes abhängt, geht auf das Genügendste aus dem Umstande hervor, daſs in einem Falle der Leitungswiderstand der Flüssigkeit in der Zersetzungszelle vielmal gröſser seyn kann, als er es in einem anderen Falle ist und im ersteren dennoch eine merkliche Wasserzersetzung stattfindet, während dieſs im letzteren Falle nicht geschieht. Tauchen z. B. die beiden Platinelektroden einer Kette in concentrirte Salpetersäure, die in porösen Zellen sich befindet, und sind die letzteren durch eine Zoll dicke Wasserschicht von einander getrennt, so wird unter diesen Umständen noch eine merkliche Sauerstoffgasentwicklung an der positiven Elektrode stattfinden. Läſst man die beiden Elektroden der gleichen Kette in reines Wasser treten und stehen dieselben nur eine Linie von einander ab, so erfolgt

keine wahrnehmbare Wasserzersetzung. Es ist aber offenbar, daſs in dem ersteren Falle der Leitungswiderstand, den die Flüssigkeit der Zersetzungszelle ausübt, viele Male gröſser ist, als der Widerstand, den die Flüssigkeit im zweiten Falle äuſsert; denn nicht nur sind dort die Elektroden durch eine bedeutendere Wassermasse von einander getrennt, sondern es hat überdieſs der Strom der Kette auch noch den Widerstand der beiden Salpetersäureschichten zu überwinden.

Es kann daher hier einzig der sogenannte Uebergangswiderstand in Betracht kommen. Nach unserer Ansicht giebt es einen solchen zwar nicht, und wir sind immer noch der Meinung, daſs dasjenige, was Uebergangswiderstand genannt wird, seinen Grund allein in secundären Gegenströmen oder in der sogenannten Polarisation der Elektroden habe. Erfahrungsgemäſs findet ein Uebergangswiderstand nicht statt, falls ein Strom aus einem Metalle in ein anderes, überhaupt aus einem festen Leiter in einen anderen festen Leiter tritt; ja selbst in dem Falle wird kein Uebergangswiderstand bemerkt, wo der Strom aus einem festen Leiter in einen unzersetzbaren flüssigen, z. B. in Quecksilber tritt, oder umgekehrt.

Damit der sogenannte Uebergangswiderstand sich zeige, ist nach unsern bisherigen Erfahrungen durchaus nothwendig, daſs zwischen die Elektroden ein durch den Strom zersetzbarer Körper, eine elektrolytische Flüssigkeit gestellt, sey. Es ist ferner bekannt, daſs die Gröſse des unter diesen Umständen entwickelten Uebergangswiderstandes wesentlich bedingt wird durch die chemische Natur, sowohl der Elektroden als der elektrolytischen Flüssigkeit, oder, um noch genauer zu reden, durch das chemische Verhältniſs, in welchem die Bestandtheile des Elektrolyten zu der Materie der Elektroden stehen. Verbinden sich die durch den Strom ausgeschiedenen Jone des Elektrolyten mit der Substanz der Elektroden und werden überdieſs die hiedurch erzeugten chemischen Ver-

bindungen durch die elektrolytische Flüssigkeit oder auf eine andere Weise von der Oberfläche der Elektroden fortwährend entfernt, so wird unter solchen Umständen kein merklicher Uebergangswiderstand wahrgenommen. Ein gleiches Resultat wird auch erhalten werden, wenn man die ausgeschiedenen Jone sofort in chemische Verbindung treten läfst mit Materien, welche die Elektroden umgeben. Treten dagegen die Jone frei an den Elektroden auf, so wird der Uebergangswiderstand immer bedeutend seyn. Ist die elektrolytische Flüssigkeit reines oder mit Schwefelsäure oder Salpetersäure gesäuertes Wasser und sind die Elektroden der Kette Gold- oder Platinstreifen, so tritt an dieser der Sauerstoff und Wasserstoff frei auf und der unter diesen Umständen sich zeigende Uebergangswiderstand erscheint bedeutend grofs. Wählt man zu Elektroden ein Metall, das sich mit dem Sauerstoffe direct verbinden kann, z. B. Zink, so wird der Uebergangswiderstand schon bedeutend schwächer ausfallen, weil der an der positiven Elektrode ausgeschiedene Sauerstoff sich sofort mit dem Zink vereinigt. Entfernt man auf eine geeignete Weise auch den an der negativen Elektrode auftretenden Wasserstoff, so wird der Uebergangswiderstand gleich Null seyn.

Diente Salzsäure als Elektrolyt und Gold oder Platin als Elektroden, so ist in diesem Falle der Uebergangswiderstand ebenfalls unbedeutender, als derjenige, welcher bei Anwendung von denselben Elektroden und schwefelsäurehaltigem Wasser sich zeigt; weil in ersterem Falle das Chlor mit dem Golde oder Platin sich chemisch verbindet und das Chlorid sofort von der elektrolytischen Flüssigkeit aufgenommen wird. Noch geringer fällt dieser Widerstand aus, wenn man die positive Goldelektrode in Salzsäure, die aus demselben Metalle bestehende negative Elektrode in concentrirte Salpetersäure eintauchen läfst, während beide Flüssigkeiten durch eine poröse Zwischenwand mit einander in leitender Verbin-

dung

dung stehen. Unter diesen Umständen wird auch der Wasserstoff in dem Augenblicke von der Salpetersäure gebunden, wo jenes Element an der negativen Elektrode sich ausscheidet.

Da man überhaupt in allen Fällen, in welchen die Polarisation der Elektroden geschwächt oder völlig verhindert wird, auch den Uebergangswiderstand vermindert oder aufhebt, so darf hieraus wohl der Schlufs gezogen werden, dafs dieser Uebergangswiderstand seine Ursache in der besagten Polarisation habe, welche letztere selbst, wie wir diefs jetzt mit Bestimmtheit wissen, veranlafst wird durch die Ablagerung der Jone des Elektrolyten auf die Elektroden, oder der secundären Produkte, welche diese Jone mit dem Elektrolyten oder mit der Materie der Elektroden bilden.

Es darf jetzt ebenfalls als eine ausgemachte Sache angesehen werden, dafs die Leitung eines Stromes durch einen Elektrolyten wesentlich abhängig oder eigentlich bedingt ist durch eine Zerlegung des letztern Körpers, und dafs daher auch nicht der allerschwächste Strom durch eine elektrolytische Flüssigkeit gehen kann, ohne von dieser eine gewisse Menge zu zerlegen. Den sichern Beweis dafür, dafs eine Elektrolyse stattgefunden, haben wir immer in der Polarität der Elektroden.

Setzen wir nun den Fall, dafs in der Zersetzungszelle einer einfachen Kette sich reines Wasser befinde und die in diese Flüssigkeit eintauchenden Elektroden Platin- oder Goldstreifen seyen. Im allerersten Augenblicke schon, wo der Strom der Kette durch die Zersetzungszelle geht, wird eine gewisse Menge Wassers zersetzt, und der daraus abgeschiedene Sauerstoff auf die positive Elektrode, der Wasserstoff auf die negative Elektrode abgesetzt werden. Die unmittelbare Folge hievon wird seyn, dafs jene Elektrode negative Polarität, diese positive Polarität erlangt und zwar wird der Grad dieser Polaritäten im Verhältnifs stehen zu der Menge

des im ersten Augenblicke der Strömung zersetzten Wassers oder zu der Gröfse des anfänglichen Stromes. Im zweiten Augenblicke sucht die Kette einen Strom durch die Zersetzungszelle zu schicken, eben so grofs, als derjenige war, welcher im ersten Augenblicke durch das Wasser ging. Allein dieser Strom, im zweiten Augenblicke erzeugt, wird nicht so grofs seyn können, als es der Strom des ersten Augenblicks war; denn die Polarität der Elektroden ruft im zweiten Moment einen secundären Strom hervor, der dem von der Kette gleichzeitig erregten entgegen gesetzt ist. Es mufs daher der letztere um die Gröfse des secundären Stromes vermindert werden. Würde nun diese Gröfse gleich seyn der Gröfse des Stromes, welchen die Kette im zweiten Augenblicke hervorruft, so könnte in diesem zweiten Momente gar keine Elektrolyse mehr stattfinden, d. h. müfste der secundäre Strom den primitiven im Gleichgewicht halten. Gestatteten es nun die Umstände, dafs das ganze Quantum der im ersten Augenblicke der Strömung der Kette ausgeschiedenen Jone des Wassers an den Elektroden haftete, so würde vielleicht der durch die Polarisation im zweiten Augenblicke hervorgerufene secundäre Strom die Stärke des in derselben Zeit durch die Kette erregten primitiven Stromes erreichen. Da aber das die Elektroden umgebende Wasser durch sein Auflösungsvermögen einen Theil der Jone von den Elektroden sofort entfernt, so kann ein solches Stromgleichgewicht nicht eintreten und mufs der Strom der Kette in den ersten Momenten ihrer Thätigkeit den durch die Elektroden erregten Gegenstrom überwinden. Dieses Uebergewicht wird aber so unbedeutend seyn, dafs dadurch keine wahrnehmbare Elektrolyse des Wassers wird bewerkstelligt werden können.

Umhüllen wir nun aber die negative Elektrode mit einer Materie, die sich mit dem nascirenden Wasserstoffe chemisch verbindet, d. h. schaffen wir den Wasserstoff, der

in Folge der Stromthätigkeit an der negativen Elektrode auftritt, in dem Augenblicke seines Auftretens daselbst fort, so wird hiedurch die positive Polarisation dieser Elektrode verhindert, somit die Gröfse des secundären Stromes vermindert, damit aber auch die Intensität des primitiven Stromes gesteigert und eben dadurch die Elektrolyse des Wassers befördert. Aus vorangegangenen Bemerkungen erhellt auch, dafs ein gleiches Resultat erhalten werden mufs, wenn man den Sauerstoff von der positiven Elektrode entfernt, in dem Augenblicke, wo jenes Element an derselben ausgeschieden wird. Werden durch geeignete Mittel die an den Elektroden ausgeschiedenen Jone des Wassers oder irgend eines anderen Elektrolyten gleichzeitig und vollständig von ihren respectiven Ablagerungsorten entfernt, wird mit andern Worten die Polarisation beider Elektroden gleichzeitig und vollständig verhindert, so mufs der unter solchen Umständen von der Kette erzeugte Strom stärker ausfallen, als in dem Falle geschieht, wo die Polarisation von nur einer Elektrode verhindert wird.

Nach den voranstehenden Bemerkungen dürfte es nun nicht mehr schwierig seyn, alle die weiter oben angeführten Thatsachen genügend zu erklären und eine richtige Vorstellung sich zu bilden von der Art und Weise, wie die in die Zersetzungszelle eingeführten oder die die Elektroden umhüllenden Substanzen den Strom der einfachen Kette oder die Elektrolyse der Zersetzungsflüssigkeit begünstigen. Es geschieht diefs, gemäfs dem vorhin Gesagten, ganz einfach durch die depolarisirenden Wirkungen, welche die fraglichen Materien auf die Elektroden ausüben, in manchen Fällen auch dadurch, dafs die Jone der Elektrolyten mit der Materie der Elektroden chemisch sich verbinden und die hieraus entstandenen Gebilde von der umgebenden Zersetzungsflüssigkeit aufgenommen werden. Streng genommen beruht

auch in dem letzteren Falle die Verstärkung des Stromes der Kette auf einer depolarisirenden Wirkung.

Nicht selten geschieht es, dafs die in der Zersetzungszelle entstandenen chemischen Verbindungen selbst wieder depolarisirend auf die eine oder die andere der Elektroden wirken. Ein solcher Fall tritt ein, wenn z. B. die Elektroden Kupferstreifen, die Zersetzungsflüssigkeit verdünnte Schwefelsäure ist. Es entsteht unter diesen Umständen schwefelsaures Kupferoxyd, dessen Anwesenheit in der Zersetzungsflüssigkeit, gemäfs den oben angeführten Thatsachen, den Strom der Kette verstärkt, in sofern es den Wasserstoff der negativen Elektrode aufnimmt. Ist die Zersetzungsflüssigkeit Salzsäure und sind die Elektroden Gold, so wirkt das entstehende Chlorgold in gleicher Weise depolarisirend auf die negative Elektrode. Aus dem Gesagten erklären sich auch manche andere Thatsachen, die bisher sehr anomal erscheinen mufsten.

Bekanntlich leitet wasserfreies flüssiges Chlor oder Brom den Volta'schen Strom ganz und gar nicht; vom reinen Wasser sagt man nicht mit Unrecht, dafs dessen Leitungsvermögen sehr unbedeutend sey und jeder Physiker weifs, dafs wasserhaltiges Brom oder Chlor viel besser leitet, als reines Wasser. Nach meiner Ansicht vermehrt nun das Chlor etc. die Leitungsfähigkeit des Wassers an und für sich ganz und gar nicht, und beschränkt sich die Wirkung jenes Körpers darauf, dafs er den an der negativen Elektrode auftretenden Wasserstoff aufnimmt, hiedurch die positive Polarisation dieser Elektrode verhindert, somit indirect den primitiven Strom der Kette verstärkt, scheinbar also die Leitungsfähigkeit des Wassers erhöht. Die Thatsache, dafs Salpetersäure von einer gewissen Stärke besser leitet, als die mit Wasser verdünnte, erklärt sich auf die gleiche Weise. Auch das verhältnifsmäfsig bedeutende elektrolysirende Vermögen der Becquerel'schen Kette, welche bekanntlich aus einer concentrirten Kalilösung und starker Salpeter-

säure gebildet wird, ist nunmehr leichter begreiflich. Werden die beiden genannten Flüssigkeiten (durch eine poröse Scheidewand mit einander in Berührung stehend) vermittelst Platinstreifen leitend verbunden, so entwickelt sich in merklicher Menge Sauerstoff an der Elektrode, die in die Kalilösung taucht, und wird die Salpetersäure an der negativen Elektrode in salpetrichte Säure verwandelt. In Folge der chemischen Reaction, die an den Berührungsflächen der beiden Flüssigkeiten stattfindet, entsteht ein Strom, der von dem Kali zur Säure geht. Dieser Strom scheidet Sauerstoff an der im wässrigen Kali stehenden Elektrode, und Wasserstoff an dem in die Salpetersäure tauchenden Platinstreifen aus. Der Wasserstoff verbindet sich aber im Augenblicke seines Freiwerdens mit einem Theile des Sauerstoffes der Salpetersäure, wodurch die positive Polarisation der negativen Elektrode verhindert und also indirect der primitive Strom der Kette verstärkt wird [1]).

Die Thatsache, dafs eine Kette, aus verdünnter Salpetersäure und Kalilösung gebildet, keinen Strom erzeugt, der kräftig genug wäre, das Wasser in merklicher Menge zu zerlegen, scheint mir ein weiterer Beweis für die Richtigkeit der so eben gegebenen Erklärung zu seyn; denn Salpetersäure von einem gewissen Wassergehalt besitzt nicht mehr das Vermögen, nascirenden Wasserstoff zu verschlucken, d. h. die negative Elektrode zu depolarisiren.

Wenn nun kaum in Abrede gestellt werden kann, dafs in den bisher besprochenen Fällen die Erhöhung des elektrolysirenden Vermögens oder die Verstärkung des Stromes einer einfachen Kette von depolarisirenden Wirkungen abhängt, welche von den in der Zersetzungs-

1) Es ist sehr wohl möglich, dafs das wohlbekannte Vermögen des Platins, die Affinität des Wasserstoffes zum Sauerstoffe zu erhöhen, eine nicht unwichtige, vielleicht eine entscheidende Rolle in der Becquerel'schen Kette spielt. S.

zelle befindlichen Substanzen auf die Elektroden ausgeübt werden, so fragt es sich doch noch, ob die beobachtete Steigerung der Volta'schen Thätigkeit einer solchen Kette einzig und allein der bezeichneten Ursache (der Depolarisation) zugeschrieben werden darf.

Nach den Annahmen mancher Physiker verursacht jede chemische Thätigkeit eine Störung des elektrischen Gleichgewichts und findet letztere namentlich bei der chemischen Verbindung der Stoffe untereinander statt, z. B. also bei der Vereinigung des freien Sauerstoffes mit irgend einem Metalle.

Dieser Ansicht zufolge müfste nun z. B. die Verbindung des an der negativen Elektrode ausgeschiedenen Wasserstoffes mit Sauerstoff, Chlor, Brom u. s. w., und die Vereinigung des an der positiven Elektrode auftretenden Sauerstoffes mit Wasserstoff oder mit irgend einem andern oxydirbaren Körper Volta'sche Ströme veranlassen. Was die Richtung betrifft, welche die in den eben erwähnten Fällen erzeugten Ströme nehmen, so müfste dieselbe, täusche ich mich anders nicht, nach den Grundsätzen de la Rive's z. B. gerade entgegen gesetzt seyn der Richtung, in welcher der primitive Strom der Kette kreist. Es müfste demnach der secundäre Strom, hervorgegangen aus der an den Elektroden stattfindenden chemischen Actionen, anstatt verstärkend, schwächend auf den Strom der Kette wirken. Würde nun aber diesen Thätigkeiten wirklich das ihnen zugeschriebene elektromotorische Vermögen zukommen, so müfste dasselbe merklich kleiner seyn, als dasjenige der polarisirten Elektroden, weil sonst die Depolarisation der letztern keine Verstärkung des Stromes der Kette verursachen könnte. Jedenfalls erhellt aus dem eben Gesagten, dafs die chemischen Vorgänge, welche an den Elektroden stattfinden, gemäfs de la Rive's Theorie, nichts zur Erhöhung der Volta'schen Thätigkeit der Kette beizutragen vermögen.

Um auf eine genügende Weise die Frage beantwor-

ten zu können: ob die in Rede stehende Verstärkung des Stromes der Kette allein von der Depolarisation der Elektroden herrühre, müfste man, meinem Ermessen nach, genau das Verhältnifs kennen, in welchem die Stärke des initialen Stsomes der Kette steht zu der Stärke der von ihm hervorgerufenen Polarität der Elektroden; oder was dasselbe ist, es müfste das Verhältnifs bekannt seyn, welches die Intensität des primitiven Stromes der Kette zu der Intensität des secundären Stromes der Elektroden hat. Meines Wissens kennen wir aber dieses Verhältnifs noch nicht; auch will es mir scheinen, als ob die directe Ausmittelung desselben eine äufserst schwierige, wo nicht unmögliche Sache sey. Denn in demselben Augenblicke, wo der Strom der Kette durch die Zersetzungszelle geht, findet auch schon die Polarisation der daselbst befindlichen Metallelektroden und somit auch die Rückwirkung ihrer Polaritäten auf den primitiven Strom der Kette statt. Die Stärke des Stromes der Kette, in welchem Momente wir jene auch messen mögen, wie auch der Grad der Polarisation der Elektroden, ist daher immer nur die Resultante von Gegenströmen oder von elektromotorischen Kräften, die in entgegengesetzten Richtungen wirken.

Setzen wir nun aber den Fall, das fragliche Verhältnifs wäre bekannt und es ergäbe sich aus demselben, dafs der durch die Polarisation der Elektroden hervorgerufene Gegenstrom z. B. nur ein Viertel so stark sey, als der primitive Strom, der diese Polarisation erregte, so müfste offenbar, im Falle die letztere durch irgend ein Mittel gänzlich verhindert würde, der beobachtete Strom der Kette gerade um ein Viertel stärker ausfallen, als der Strom einer gleichen Volta'schen Vorrichtung, deren Elektroden gar nicht depolarisirt worden wären. Würde aber die Stärke des Stromes der ersteren Kette um mehr als um ein Viertel gröfser seyn, so erhellte aus einer solchen Thatsache, dafs aufser der De-

polarisation der Elektroden noch ein anderer Umstand verstärkend auf den Strom eingewirkt hätte.

Es giebt einige Thatsachen, welche der Vermuthung Raum zu geben scheinen, dafs der Strom der Kette in einem gröfseren Verhältnifs verstärkt werde, als diefs in Folge der Depolarisation der Elektroden geschehen sollte.

Thatsachen solcher Art scheinen mir die verhältnifsmäfsig bedeutende Volta'sche Wirksamkeit der Becquerel'schen Kette und die erstaunlichen Wirkungen der Grove'schen Säule zu seyn. Die elektromotorische Ueberlegenheit dieser beiden Vorrichtungen über andere ihnen ähnliche Ketten ist in der That so grofs, dafs wir kaum annehmen können, dieselbe rühre einzig von dem depolarisirenden Einflusse her, welchen die concentrirte Salpetersäure an der negativen Platinelektrode dieser Ketten ausübt.

Sollte aber die fragliche Depolarisation nicht die einzige Ursache der Stromverstärkung seyn, wo haben wir denn noch eine weitere, und zwar eine directe Stromquelle zu suchen? Dafs z. B. in der Grove'schen Kette eine solche Quelle nicht in der Reaction der Salpetersäure und verdünnten Schwefelsäure liege, ist meines Wissens von Jacobi gezeigt worden.

Das getrennte Auftreten der Bestandtheile des Wassers an den Elektroden läfst vermuthen oder zwingt vielmehr zu der Annahme, dafs die erste Wirkung, welche eine Volta'sche Vorrichtung auf die Molecüle des genannten Elektrolyten in der Zersetzungszelle ausübt, darin besteht: dafs diese Malecüle in eine bestimmte Lage in Bezug auf die Elektroden gebracht, d. h. die Wasserstoffseiten der Wassertheilchen gegen die negative Elektrode, die Sauerstoffseiten aber gegen die positive Elektrode gerichtet werden. Diese Wirkung mufs nothwendiger Weise der wirklichen Elektrolyse des Wassers oder dem Eintritte des Stromes vorausgehen, weil wir sonst nicht begreifen könnten, wie z. B. der Wasserstoff

des Wassertheilchens, welches an die positive Elektrode gränzt, mit dem Sauerstoffe des jenen zunächst liegenden Wassermolecüles, wie überhaupt der Wasserstoff des vorangehenden Wassertheilchens mit dem Sauerstoffe des unmittelbar folgenden Wassermolecüles sich vereinigen könnte.

Denken wir uns nun die Molecüle des Wassers in der Zersetzungszelle auf die angegebene Weise geordnet und nehmen wir an, es sey die negative Elektrode dieser Zelle unmittelbar mit einer Substanz umgeben, welche zum Wasserstoffe eine grofse Verwandtschaft besitzt (z. B. mit Sauerstoff, Chlor, Brom u. s. w.) so mufs unter den angeführten Umständen eine derartige Materie gegen den Wasserstoff des ihr benachbarten Wassermolocüles eine chemische Anziehung ausüben. Diese Anziehung ändert nothwendig das chemische Verhältnifs ab, in welchem der Sauerstoff und Wasserstoff des fraglichen Wassermolecüles zu einander stehen, d. h. vermindert die Stärke der Affinität dieser Elemente zu einander und gestattet eben defshalb dem Sauerstoffe des ersten (mit der negativen Elektrode in unmittelbarer Berührung stehenden) Wassertheilchens, dafs er eine gröfsere chemische Anziehungskraft ausübt gegen das ihm (dem Sauerstoffe) zugekehrte Wasserstoffatom des zweiten Wassermolecüles. Hiedurch wird in diesem letzteren Molecül ebenfalls eine Schwächung der Affinität seiner Bestandtheile verursacht und die Affinität des Sauerstoffes zu dem Wasserstoffatome des dritten Wassermolecüles gesteigert. Der veränderte chemische Zustand des dritten Molecüles führt nothwendig eine ähnliche Veränderung im vierten Molecüle herbei u. s. w. Die Elemente aller Wassermolecüle, welche sich zwischen den Elektroden befinden, erleiden somit in ihrem chemischen Verhältnisse zu einander die nämliche Veränderung, welche in den Bestandtheilen des ersten Wassermolecüles verursacht wird durch den Einflufs der wasserstoffanziehenden Substanz, von

der die negative Elektrode umgeben ist. Alle Wasserstoffatome der zwischen den Elektroden liegenden Wassermolecüle erhalten daher unter den obwaltenden Umständen das Bestreben, gegen die negative Elektrode der Kette hin sich zu bewegen und da der Strom der letztern dieselben Wasserstoffatome in der gleichen Richtung zu bewegen sucht, so läſst sich leicht begreifen, wie beide Impulse, gleichzeitig wirkend, eine gröſsere Wirkung hervorbringen, als die ist, welche nur einer dieser Impulse zu verursachen vermag.

Wenn man die positive Elektrode mit einer Materie umhüllt, die den Sauerstoff begierig aufnimmt, so sieht man nach den voranstehenden Bemerkungen unschwer ein, daſs auch hiedurch die Elektrolyse des Wassers eben so gut befördert werden muſs, als dadurch, daſs man die negative Elektrode in Berührung setzt mit einer Substanz, die den Wasserstoff stark anzieht. Auch ist klar, daſs die Stromeffekte noch stärker ausfallen müssen, wenn die beiden Elektroden gleichzeitig, die positive mit einer den Sauerstoff anziehenden Substanz, die negative Elektrode mit einer den Wasserstoff anziehenden Materie, in Berührung stehen.

Möge nun die besprochene Stromverstärkung in depolarisirenden Wirkungen auf die Elektroden allein, möge sie auch noch in andern Ursachen und namentlich in dem von mir zuletzt bezeichneten Umstande ihren Grund haben: so viel ist jedenfalls gewiſs, daſs dieselbe in dem innigsten Zusammenhange steht mit chemischen Thätigkeiten, die an den Elektroden der Kette stattfinden. Denn läſst man sich bei der Wahl der Substanzen, mit denen man entweder die Elektroden umhüllt, oder die man in die Zersetzungsflüssigkeit einführt, ich sage, läſst man sich hiebei einzig und allein von chemischen Rücksichten leiten, d. h. von den gewöhnlichen chemischen Beziehungen, in welchen die fraglichen Substanzen zu den an den Elektroden ausgeschiedenen Jonen des Elektrolyten ste-

hen, so läfst sich immer das eintretende Volta'sche Resultat mit Sicherheit voraussagen. Dieser Umstand scheint mir nicht ohne Bedeutung für die Theorie des Voltaismus zu seyn und stark zu Gunsten der Ansicht zu sprechen, welcher gemäfs die hydroelektrischen Ströme aus chemischen Thätigkeiten entspringen.

Nachtrag.

Es war Voranstehendes bereits geschrieben, als ich noch einige neuere Thatsachen ermittelte, welche sich genau an die weiter oben beschriebenen Phänomene anreihen und die ich defshalb noch mittheilen will.

Dient frischgeglühtes schwammförmiges Platin als positive Elektrode der Kette, Platindraht als negative und gewöhnliches Wasser als Zersetzungsflüssigkeit, so findet unter diesen Umständen eine noch wahrnehmbare Elektrolyse des Wassers statt, wie die an der negativen Elektrode aufsteigenden Gasbläschen darthun. Wird frisch geglühter Platinschwamm als negative Elektrode, Platindraht als positive gebraucht, so bemerkt man kaum eine Gasentwicklung mehr. Versetzt man das Wasser mit einigen Tropfen Schwefelsäure oder Salpetersäure, so fällt die Wasserstoffentbindung an der negativen Elektrode ziemlich lebhaft aus und dauert dieselbe längere Zeit mit scheinbar gleichbleibender Stärke an, falls nämlich die negative Elektrode aus einem Platindraht und die positive aus Platinschwamm besteht. An letzterem sieht man unter den erwähnten Umständen zwar auch Bläschen aufsteigen; es scheint jedoch die Menge derselben bei weitem nicht dem an der negativen Elektrode entbundenen Wasserstoffquantum zu entsprechen.

Macht man den Platinschwamm zur negativen Elektrode, den Platindraht zur positiven, so findet zwar an letzterem eine merkliche Sauerstoffentwicklung statt; es hört aber dieselbe, wie auch die Entbindung des Was-

serstoffes an dem negativen Platinschwamme schon nach wenigen Augenblicken beinahe gänzlich auf.

Wird der geglühte und zur positiven Elektrode bestimmte Platinschwamm mit Ameisensäure benetzt, bevor man ihn in das schwach gesäuerte Wasser der Zersetzungszelle eintaucht, so findet an der negativen Platindrahtelektrode eine Wasserstoffgasentwicklung statt, welche merklich lebhafter ist, als diejenige, die man in dem Falle erhält, wo reiner Platinschwamm als positive Elektrode functionirt. Läfst man frischgeglühten Platinschwamm, ebenfalls mit Ameisensäure benetzt, als negative Elektrode in schwach gesäuertes Wasser tauchen, und dient als positive Elektrode ein Platindraht, so ist die unter solchen Umständen stattfindende Wasserelektrolyse nicht lebhafter, als diejenige, welche Platinschwamm für sich allein verursacht.

Wird wässrige Ameisensäure als Zersetzungsflüssigkeit, Platinschwamm als positive, und Platindraht als negative Elektrode angewendet, so findet an letzterer eine lebhafte Wasserstoffgasentwicklung statt. Verwechselt man die genannten Elektroden, nachdem sie vorher geglüht worden, so ist an der schwammförmigen negativen Elektrode kaum ein Bläschen von Wasserstoffgas wahrzunehmen.

Wird frisch geglühter Platinschwamm mit Aether benetzt und als positive Elektrode in schwach (mit Schwefelsäure) gesäuertes Wasser, eingeführt, und dient ein Platindraht als negative Elektrode, so entwickelt sich an letzterer merklich mehr Wasserstoff, als sich daran in dem Falle entbindet, wo Platinschwamm ohne Aether als positive Elektrode functionirt. Läfst man mit Aether benetzten Platinschwamm als negative Elektrode in die Zersetzungsflüssigkeit eintauchen, und einen Platindraht als positive Elektrode functioniren, so fällt die Elektrolyse des Wassers nicht lebhafter aus, als diefs der Fall ist, wenn der negative Platinschwamm ohne Aether-

hülle angewendet wird. Versetzt man das gesäuerte Wasser mit etwas Aether und functionirt Platinschwamm als positive Elektrode, so entwickelt sich an der negativen Elektrode mehr Wasserstoff, als sich davon entbindet in dem Falle, wo die Zersetzungsflüssigkeit keinen Aether enthält. Spielt der Platinschwamm die Rolle der negativen Elektrode, so übt die Anwesenheit des Aethers in der Zersetzungsflüssigkeit keinen merklichen Einfluſs auf die stattfindende Elektrolyse des Wassers aus. Weingeist wirkt in den vorhin angeführten Fällen wie Aether, jedoch, wie es mir schien, in etwas schwächerem Grade. Noch verdient bemerkt zu werden, daſs an dem Platinschwamme, der mit Aether oder Weingeist benetzt wird, bevor er als positive Elektrode dient, kein Sauerstoff sich entbindet, wenn die Wasserstoffentwicklung an dem negativen Platindrahte auch noch so lebhaft ist. Diese Thatsache begreift sich sehr leicht. Der an dem positiven Platinschwamme auf elektrolytischem Wege ausgeschiedene Sauerstoff vereinigt sich mit einem Theil des Wasserstoffes, enthalten im Aether oder Weingeist, und wandelt diese Substanzen in Aldehyd u. s. w. um.

Was die Ameisensäure betrifft, die sich am positiven Platinschwamme befindet, so ist von ihr bekannt, daſs sie unter geeigneten Umständen durch den Sauerstoff sehr leicht in Kohlensäure und Wasser verwandelt wird. Der an der positiven Elektrode ausgeschiedene Sauerstoff wirft sich im fraglichen Falle auf den Kohlenstoff und Wasserstoff der Ameisensäure und verursacht die eben erwähnte Zersetzung dieser Säure. Deſshalb bemerkt man auch in dem Augenblicke, wo der mit Ameisensäure behaftete Platinschwamm als positive Elektrode in die Zersetzungsflüssigkeit eintaucht, an ihm (dem Platinschwamme) Bläschen aufsteigen, die höchst wahrscheinlich aus Kohlensäure bestehen.

Es ist kaum nothwendig über die so eben mitgetheil

ten Thatsachen noch weitere Bemerkungen zu machen; denn es ist offenbar, dafs Aether, Weingeist und Ameisensäure an der positiven Elektrode gerade so wirken, wie eine Hülle von Wasserstoff oder von irgend einem andern leicht oxydirbaren Körper.

Dafs das schwammförmige Platin als positive Elektrode und umgeben von Aether u. s. w. eine Steigerung der Wasserelektrolyse verursacht, hat seinen Grund ohne Zweifel in dem merkwürdigen Vermögen dieses Metalles, die Affinität des Sauerstoffes zum Wasserstoffe zu erhöhen.

Auffallend ist die Thatsache, dafs die Volta'sche Zersetzung des Wassers lebhafter ausfällt, wenn in reinem oder mit Schwefelsäure gesäuertem Wasser Platinschwamm als positive Elektrode dient, als diefs geschieht, falls derselbe als negative Elektrode und Platindraht als die positive functionirt.

Ich gestehe aufrichtig, dafs es mir unmöglich ist, irgend einen Grund für den fraglichen Wirkungsunterschied anzugeben; denn unsern bisherigen Theorien nach sollte es in Bezug auf das Resultat der Elektrolyse ganz einerlei seyn, ob Platinschwamm die Rolle der positiven oder die der negativen Elektrode spielt. Da dem nun nicht so ist, so mufs an besagtem Schwamme, als positiver Elektrode, irgend ein Vorgang stattfinden, der entweder auf mittelbare oder direkte Weise die Stärke des Stromes der Kette vermehrt. Sollte sich vielleicht als secundäres Produkt um den positiven Platinschwamm Wasserstoffhyperoxyd bilden und in Folge der unter dem Einflusse des Platins sofort wieder eintretenden Zersetzung dieser Verbindung ein Strom entstehen, der mit dem Strome der Kette einerlei Richtung hat. Nach Becquerel's und meinen eigenen Versuchen verhält sich in oxydirtem Wasser das schwammförmige Platin positiv zu dem dichten Metalle.

De la Rive wird vielleicht die Ursache der in Rede

stehenden Erscheinung in der von ihm angenommenen Oxydirbarkeit des Platins und in der schwammförmigen Beschaffenheit, welche die directe Vereinigung des Sauerstoffes mit diesem Metalle begünstigen mufste, zu suchen geneigt seyn. Aus Gründen, die in einer eigenen, bald erscheinenden Abhandlung entwickelt sind, kann ich die directe Oxydirbarkeit des Platins nicht zugeben und defshalb auch die fragliche Erscheinung nicht aus einer Oxydation des positiven Platinschwammes ableiten [1]).

IV. *Beobachtungen über einen eigenthümlichen Zustand des Eisens; von C. F. Schönbein.*

Es ist in der voranstehenden Abhandlung bemerkt worden, dafs das Wasser in der Zersetzungszelle lebhaft elektrolysirt werde, wenn ein leicht oxydirbares Metall dem Strome einer Kette als positive Elektrode diene, dafs aber hievon das Eisen, das doch mit einer so bedeutenden Affinität zum Sauerstoffe begabt ist, unter gegebenen Umständen eine auffallende Ausnahme von der Regel mache. Da die Beobachtungen und Versuche, welche ich über das eigenthümliche Verhalten dieses Metalles gemacht habe, einiges wissenschaftliche Interesse gewähren dürften, so will ich es versuchen, dieselben in möglichst gedrängter Kürze zu beschreiben und daraus einige theoretische Folgerungen zu ziehen.

Läfst man jeden der Zuleitungsdrähte einer kräftigen einfachen Kette in ein mit Quecksilber gefülltes Näpfchen treten, verbindet man dann das Näpfchen, in welches der negative Leitungsdraht taucht, durch einen Platinstreifen mit der Flüssigkeit (stark verdünnte Schwefelsäure) der Zersetzungszelle, und taucht man hierauf das

1) Vorgetragen in der naturforschenden Gesellschaft zu Basel am 16. März 1842.

und einer halben Linie Dicke, so bemerkt n
rend der Dauer dieser Verbindung an der negativ
trode keine merkliche Gasentwicklung. Giebt n
dem kupfernen Verbindungsdraht eine Länge v
Zollen, so macht sich schon eine Gasentwicklun
negativen Elektrode bemerklich. Ein Fuſs lang
derselben Art verursacht eine stärkere, ein zv
langer Draht eine noch lebhaftere Gasentwicklu
gleichen Elektrode. Indem man den Draht bis
Länge von etwa sechszehn Fuſsen verlängert,
man auch immer mehr die Wasserstoffgasentbi
der negativen Elektrode der Zersetzungszelle; üb
tet man diese Länge noch um einige Fuſs mehr,
dieser Kupferdraht nicht mehr im Stande seyn,
bar in dem Augenblicke, wo derselbe die Näpfc
bindet, die Wasserstoffgasentbindung an der n
Elektrode hervorzurufen. Hat aber die Verbin
Näpfchen durch den zuletzt erwähnten Kupfer
nige Secunden lang gedauert, so beginnt die Wa
gasentwicklung an der negativen Elektrode, u
ist diese Gasentwicklung lebhafter, als diejenige
durch kürzere Verbindungsdrähte veranlaſst w
dauert aber eine solche Gasentbindung nur ei
cunden an, und folgt ihr ein Zustand der Ruhe
einiger Zeit beginnt die Gasentwicklung wie
Neue, es folgt derselben ein abermaliger Stills
Elektrolyse in der Zersetzungszelle, und so fi
gere Zeit hindurch ein Wechsel von elektrolytisc
und Thätigkeit statt, bis endlich der positive E
in den Zustand dauernder Unthätigkeit zurückf

Verbindet ein Kupferdraht von 40 Fuſs L
einer halben Linie Dicke die beiden Näpfchen
derselbe keinen merklichen Einfluſs auf den Zus
Elektroden aus; öffnet man aber die Kette, wäh
sagter Draht die Näpfchen verbindet, so dauert
entwicklung an der negativen Elektrode nach

ng der Kette etwas länger an, als diefs geschę-
de, wenn die Näpfchen gar nicht leitend verbun-
en.

der die Näpfchen verbindende Kupferdraht meh-
ıdert Fufs lang und von vorhin genannter Dicke,
ı alle Erscheinungen gerade so ein, als ständen
fchen aufser aller leitenden Verbindung.

l die Näpfchen durch einen Kupferdraht verbun-
ssen Dicke eine halbe Linie beträgt, und dessen
ͻ ist, dafs sie eine stetige Wasserstoffgasentwick-
der negativen Elektrode gestattet, beträgt also
ıtlänge zwischen einem halben und sechszehn
tritt in dem Augenblicke, wo ein solcher Draht
Näpfchen entfernt wird, eine Gasentbindung an
tiven Elektrode ein, welche viel lebhafter ist als
, die stattfindet, während der besagte Draht die
ı verbindet. Es dauert aber diese lebhaftere
icklung nur kurze Zeit an, und schon nach ei-
cunden tritt ein Zustand von Unthätigkeit in der
ıgszelle ein.

ndet man zur Verbindung der Näpfchen Kupfer-
n, welche dicker als eine halbe Linie sind, so
lieselben, um mit ihnen all die vorhin erwähn-
heinungen zu veranlassen, länger seyn, als die
ı Drähte. Dient zur Verbindung der Näpfchen
rer als Kupferdraht, so lehrt die Erfahrung, dafs
lg in der Zersetzungszelle im Allgemeinen nach
tungsvermögen des angewendeten Metalls sich
Wendet man z. B. Platindraht zu dem genann-
cke an, und ist derselbe eine halbe Linie dick,
er gegen acht Mal kürzer seyn als der Kupfer-
m Resultate zu erhalten, gleich denen, welche
ferdraht liefert.

ındrähte müssen etwas länger als Platindrähte,
lrähte länger als Eisendrähte, Golddrähte länger
ngdrähte seyn, falls alle Drähte die gleiche Dicke

haben und die gleiche Wirkung in der Zersetzungszelle hervorbringen sollen.

Werden Drähte von demselben Metall, aber verschiedener Dicke, zur Verbindung der Näpfchen angewendet, und will man das gleiche Resultat in der Zersetzungszelle erhalten, so ist nothwendig, daſs der dikkere Draht in eben demselben Verhältniſs länger sey als der dünnere, in welchem der Querschnitt des ersteren Drahtes gröſser ist als der Querschnitt des zweiten. Ich muſs indessen bemerken, daſs ich die unter den erwähnten Umständen sich zeigenden numerischen Verhältnisse noch nicht genauer ausgemittelt habe. So viel ist aber durch vielfältige Versuche von mir auſser Zweifel gestellt worden, daſs die Gröſse des Leitungswiderstandes, welchen der die Näpfchen verbindende Metalldraht ausübt, einen entscheidenden Einfluſs auf die Vorgänge in der Zersetzungszelle, d. h. auf die Thätigkeit der Elektroden, ausübt.

Es ist gleich im Anfange dieser Abhandlung bemerkt worden, daſs so gut als gar keine Elektrolyse in der Zersetzungszelle stattfindet, wenn das Eisen als positive Elektrode auf eine bestimmte Weise in die verdünnte Schwefelsäure eingeführt, das heiſst: wenn mit diesem Eisen die Kette geschlossen wird. Setzt man aber die besagten Näpfchen in leitende Verbindung durch einen Kupferdraht, z. B. von 5 Fuſs Länge und einer halben Linie Dicke; verbindet man dann das Näpfchen, in welches der negative Zuleitungsdraht der Kette ausmündet, mit der verdünnten Schwefelsäure der Zersetzungszelle durch einen Platindraht; taucht hierauf das eine Ende eines gewöhnlichen Eisendrahtes in das positive Quecksilbernäpfchen, und dann das andere Ende des gleichen Eisendrahtes in die Zersetzungsflüssigkeit ein: so beginnt unter diesen Umständen sofort die Wasserstoffgasentwicklung an der negativen Elektrode, und dauert dieselbe so lange fort, als an der ganzen Vorrichtung nichts geän-

dert wird. Das gleiche Resultat erhält man immer in dem Falle, wo die beiden Näpfchen durch einen Metalldraht verbunden sind, der das Vermögen besitzt, die in die Zersetzungsflüssigkeit eintauchenden Elektroden aus dem Zustande der Unthätigkeit in den Zustand dauernder Thätigkeit überzuführen.

Wird in die Zersetzungszelle Salzsäure, Brom-, Jod-, Fluorwasserstoffsäure, oder die Lösung von Kochsalz, Bromkalium, Jodkalium oder von irgend einem Haloïdsalze gebracht, so treten die vorhin beschriebenen eigenthümlichen Erscheinungen nicht ein, wenigstens nicht in einem wahrnehmbaren Grade. Dagegen verhält sich das Eisen in verdünnter Salpetersäure und Phosphorsäure im Allgemeinen so, wie in der wäfsrigen Schwefelsäure; es kommen jedoch bei Anwendung der ersteren Säure einige Eigenthümlichkeiten vor, die ich bei einer anderen Gelegenheit besprechen werde.

Werden bei den vorhin beschriebenen Versuchen als positive Elektrode andere Metalle als das Eisen in Anwendung gebracht, so zeigt, nach meinen bisherigen Erfahrungen, nur das Kupfer einige Analogie mit jenem Metalle. Hiemit soll jedoch nicht gesagt seyn, dafs aufser dem Kupfer es kein anderes Metall gebe, das die Eigenthümlichkeit des Eisens besitzt. Es ist sogar wahrscheinlich, dafs in einem gewissen Grade alle oxydirbareren Metalle in dem Eisen ähnliches Verhalten zeigen, dasselbe aber in Folge des Stattfindens anderweitiger Thätigkeiten für uns noch verdeckt sey.

Was nun das Kupfer betrifft, das als positive Elektrode in verdünnter Schwefelsäure functionirt, so haben meine Versuche gezeigt, dafs die Wasserstoffgasentwicklung, die an der negativen Elektrode stattfindet, nach Schliefsung der Kette einige Minuten lang mit ziemlicher Lebhaftigkeit andauert. Nach Verflufs dieser Zeit tritt eine merkliche Verlangsamung der Elektrolyse ein, und wird diese endlich so unbedeutend, dafs an der negati-

ven Elektrode nur noch wenige Gasblasen erscheinen. Ist nun dieser Zustand relativer Unthätigkeit in der Zersetzungszelle eingetreten, so kann durch Anwendung der weiter oben für das Eisen angegebenen Mittel die beinahe gänzlich gehemmte Wasserelektrolyse wieder bis zur anfänglichen Lebhaftigkeit gesteigert werden. Oeffnet man also auf irgend eine Weise für einige Augenblicke die Kette, so tritt beim Wiederschliefsen derselben an der negativen Elektrode eine Gasentwicklung ein, die so lebhaft ist, als sie es im Anfange des Versuches war. Dasselbe Resultat wird auch erhalten dadurch, dafs man die beiden Näpfchen vermittelst eines kurzen Kupferdrahts einige Augenblicke lang in Verbindung bringt. Bei der Entfernung dieses Drahtes aus den Näpfchen tritt an der negativen Elektrode eine sehr lebhafte Entbindung von Wasserstoffgas ein, die sich natürlich auch bald wieder mäfsigt. Eben so wird die gehemmte Elektrolyse des Wassers wieder gesteigert und stetig erhalten, wenn man die Näpfchen durch einen Metalldraht von geeigneter Länge und Dicke mit einander verbindet, z. B. durch einen Kupferdraht von sechs Fufs Länge und einer halben Linie Dicke.

Das Kupfer unterscheidet sich somit wesentlich nur dadurch vom Eisen, dafs jenes Metall als positive Elektrode etwas schwieriger als dieses in den Zustand der Unthätigkeit tritt, dafs es also nicht, wie das Eisen, in dem Augenblick, wo es als positive Elektrode in die Zersetzungsflüssigkeit eintaucht, die Elektrolyse des Wassers hemmt. Dieses abweichende Verhalten ist aber offenbar nur ein Unterschied dem Grade und nicht der Art nach.

Nach Darlegung dieser nicht ganz uninteressanten Thatsachen wird es wohl am Orte seyn, dieselben einer theoretischen Erörterung zu unterwerfen und einige Schlüsse aus ihnen zu ziehen, und indem wir diefs thun, werden wir immer das Eisen im Sinne haben.

Ich habe schon vor mehreren Jahren die Beobach-

tung gemacht, dafs das Eisen den Sauerstoff frei an sich auftreten läfst, wenn dasselbe als der positive Pol einer Säule in mit Wasser verdünnte Sauerstoffsäuren eingeführt und hiedurch der Volta'sche Kreis geschlossen wird. Ich habe mit andern Worten dargethan, dafs unter den erwähnten Umständen das Eisen seine Affinität gegen den Sauerstoff ganz oder zum gröfseren Theil zu verlieren scheint, und vorübergehend die Eigenschaften eines edlen Metalles erlangt. Es ist von mir gleichfalls gezeigt worden, dafs bei Anwendung einer etwas kräftigen Säule die Sauerstoffentwicklung am positiven Eisenpole selbst dann eintritt, wenn letzterer von der negativen Elektrode in die saure Flüssigkeit der Zersetzungszelle eingeführt wird. Ueberdiefs machte ich damals schon die Beobachtung, dafs der Zustand der chemischen Unthätigkeit, in welchem sich die positive Eisenelektrode befindet, aufgehoben werden kann, 1) durch eine augenblickliche Berührung der Elektroden innerhalb der Zersetzungszelle, 2) durch Berührung der unthätigen Eisenelektrode mit einem oxydirbaren Metall innerhalb der Zersetzungsflüssigkeit, 3) durch Oeffnen des Volta'schen Kreises u. s. w. Diese und noch andere zu seiner Zeit von mir veröffentlichten Thatsachen stehen offenbar in einem genauen Zusammenhange mit den Phänomenen, die den Gegenstand dieser Abhandlung bilden. Beide Reihen von Thatsachen gehören in die Klasse der Passivitätserscheinungen.

Es ist oben gesagt worden, dafs an der negativen Elektrode keine merkliche Gasentwicklung stattfinde, falls die Kette mit dem Eisen als positive Elektrode geschlossen werde. Dieses auffallende Verhalten hat ohne Zweifel seinen Grund zunächst in dem Umstande, dafs das Eisen, obwohl an und für sich ein sehr oxydirbares Metall, unter den angegebenen Verhältnissen in den passiven Zustand tritt, das heifst, gegen den Sauerstoff, den der Strom an dem Metalle auszuscheiden sich bestrebt,

seine Affinität verliert. Nach den Angaben, die in der vorhergehenden Abhandlung gemacht wurden, fällt aber der Strom einer Kette immer so schwach aus, dafs derselbe das Wasser nicht mehr in merklicher Menge elektrolysirt, falls nämlich die angewendeten Elektroden keine bedeutende chemische Anziehungskraft ausüben gegen die Bestandtheile der elektrolytischen Zersetzungsflüssigkeit. Dafs es die besagte Veränderung des chemischen Zustandes, d. h. die Passivität des Eisens ist, welche die Elektrolyse des Wassers in dem vorliegenden Falle verhindert, erhellt übrigens schon aus dem einfachen Umstande, dafs dasselbe negative Resultat erhalten wird, wenn man anstatt Eisen das Gold oder das Platin als positive Elektrode anwendet, und umgekehrt eine lebhafte Entwicklung von Wasserstoffgas an der negativen Elektrode stattfindet, wenn ein leicht oxydirbares Metall als positive Elektrode functionirt. Zu einer gleichen Folgerung führt auch die Thatsache, dafs die Elektrolyse in dem Augenblicke beginnt, wo die passive Eisenelektrode in Berührung gesetzt wird mit einem Metalle, das die Passivität des Eisens aufzuheben vermag, z. B. also in Berührung gebracht wird mit Zink, Kupfer oder gewöhnlichem Eisen. Es zeigt sich überhaupt, dafs jedes Mittel, welches die Oxydirbarkeit im passiven Eisen wieder hervorruft, auch die unterbrochene Elektrolyse des Wassers in der Zersetzungszelle wieder einleitet oder die Stärke des Stromes der Kette steigert.

Ich will mich hier über die Ursache der chemischen Unthätigkeit des Eisens, welche unter den obenerwähnten Umständen eintritt, noch nicht näher aussprechen; so viel scheint jedoch aus den vorliegenden Thatsachen zu erhellen, dafs die Erregung dieses aufserordentlichen Zustandes, wie auch die Fortdauer desselben durch irgend eine elektrische Thätigkeit vermittelt wird. Denn functionirt das Eisen nicht als die positive Elektrode in der verdünnten Schwefelsäure, so wird die Passivität im

Metalle gar nicht hervorgerufen, auch hört der chemisch-unthätige Zustand des Eisens auf, sobald das Metall nicht mehr die Rolle der positiven Elektrode spielt, oder, um mich noch vorsichtiger auszudrücken, sobald das Metall sich nicht mehr unter Umständen befindet, unter welchen es die Rolle der positiven Elektrode spielen konnte.

Man dürfte vielleicht geneigt seyn, die Passivität des Eisens als die Wirkung eines wirklichen Stromes zu betrachten, und ist berechtigt anzunehmen, dafs die verdünnte Schwefelsäure, wenn in Berührung mit passivem Eisen stehend, fortwährend sich bestrebt, die unter dem Einflusse einer elektrischen Thätigkeit hervorgerufene Passivität dieses Metalls aufzuheben.

Indem wir von diesen Voraussetzungen ausgehen, erklärt sich zunächst die Thatsache, dafs durch Oeffnen und Wiederschliefsen der Kette die in der Zersetzungszelle unterbrochene Wasserelektrolyse wieder eingeleitet wird. Während des Geöffnetseyns der Kette verliert nämlich die positive Eisenelektrode ihre Passivität in Folge der vorhin bezeichneten Einwirkung der in der Zersetzungszelle vorhandenen verdünnten Schwefelsäure. Wird nun die Kette geschlossen, so befindet sich in dem Augenblicke, wo diefs geschieht, die positive Eisenelektrode im normalen, d. h, im oxydirbaren Zustande; der Sauerstoff, den der Strom der Kette an diesem Eisen auszuscheiden strebt, kann sich daher mit letzterem verbinden. Es wird, indem diefs stattfindet, gemäfs den in der vorhergehenden Abhandlung mitgetheilten Thatsachen, der Strom der Kette vermehrt, hiedurch aber auch die Elektrolyse des Wassers befördert. Betrachten wir die Passivität des Eisens als eine Stromwirkung, so folgt aus dieser Ansicht, dafs der nämliche Strom, der eine lebhafte Elektrolyse des Wassers verursacht, auch streben mufs, die chemisch-thätig gewordene Eisenelektrode wieder in den passiven Zustand zu versetzen. Und ist die von besagtem Strom auf das Eisen ausgeübte passivirende

Wirkung gröfser, als die der Passivirung dieses Metalls entgegenwirkende Thätigkeit der Zersetzungsflüssigkeit, so mufs unter solchen Umständen nothwendig die Passivität des Eisens wieder eintreten, und mit dem Eintritt dieses aufserordentlichen Zustandes auch der Strom der Kette und mithin die Lebhaftigkeit der Elektrolyse sehr bedeutend vermindert werden.

Nach den gemachten Bemerkungen begreift sich auch sehr leicht die Wirkung, welche ein sehr kurzer, d. h. ein wenig Widerstand leistender Draht ausübt, wenn man mit demselben erst die Quecksilbernäpfchen in leitende Verbindung setzt und dann diese Verbindung wieder aufhebt. So lange besagter Draht die Näpfchen vereinigt, geht durch ihn vorzugsweise der Strom der Kette, und nur ein sehr geringer Theil durch die Elektroden und die Zersetzungsflüssigkeit. Die positive Eisenelektrode befindet sich somit ungefähr in demselben Zustande, in welchem sie während des Geöffnetseyns der Kette ist. Die der Passivität des Eisens entgegenwirkende Thätigkeit der Zersetzungsflüssigkeit wird defswegen bald die passivirende Wirkung des schwachen Stroms überwiegen und das Metall schnell in den chemisch-thätigen Zustand zurückführen. Ist dieser Zustand eingetreten und nimmt man den Verbindungsdraht aus den Näpfchen weg, so mufs nun ein Strom durch die Kette gehen, von gröfserer Stärke als sie der Strom hatte, welcher dieselbe Kette durchkreiste, bevor man die Näpfchen durch den erwähnten Draht verbunden hatte. Aber eben diese gröfsere Stromstärke mufs nun, wie in dem früher angeführten Falle, das Eisen wieder chemisch-unthätig machen; die hervorgerufene Passivität hat Schwächung des Stroms der Kette, also auch Schwächung der Wasserelektrolyse in der Zersetzungszelle zur Folge.

Verlängert man den Draht, welcher die Quecksilbernäpfchen zu verbinden hat, so vermehrt man hiedurch dessen Leitungswiderstand, und es geht durch einen sol-

chen Draht eine Strommenge, die kleiner ist, als diejenige, welche durch einen kürzeren Draht ginge. Der Strom, der bei Anwendung eines längeren Verbindungsdrahtes durch die Zersetzungsflüssigkeit geht, wird also gröfser seyn als der Strom, welcher dieselbe Flüssigkeit durchläuft, in dem Falle, wo ein kürzerer Draht die Näpfchen verbindet.

Wird nun durch den Draht, welcher die Näpfchen in leitende Verbindung setzt, der durch die Zersetzungszelle gehende Strom bis zu dem Grade geschwächt, dafs dessen passivirende Wirkung auf das Eisen nicht gröfser ist, als die entgegengesetzte Wirkung, welche die Zersetzungsflüssigkeit auf das gleiche Metall ausübt, so mufs, bei der Abhängigkeit, in der die Stärke des durch die Zersetzungsflüssigkeit gehenden Stromes von der Oxydirbarkeit der positiven Elektrode steht, unter den so eben angegebenen Umständen die positive Eisenelektrode denjenigen Grad von Oxydirbarkeit erhalten und behalten, welcher nothwendig ist, damit die Elektrolyse in der Zersetzungszelle mit gleichbleibender Lebhaftigkeit stattfinde.

Folgende Bemerkungen dienen vielleicht dazu, das eben Gesagte noch klarer zu machen. Unmittelbar vor dem Augenblicke, wo die Näpfchen durch den besagten längeren Draht vereinigt werden, besitzt die positive Eisenelektrode einen solchen Grad von Passivität, dafs letztere den Strom der Kette bis zur Unmerklichkeit schwächt, das heifst, die Elektrolyse in der Zersetzungszelle so gut als gänzlich verhindert.

Ist die fragliche Verbindung zwischen den Näpfchen hergestellt, so wird der Einflufs, den die Kette auf die positive Eisenelektrode ausübt, in eben dem Grade geschwächt, in welchem der Verbindungsdraht der Näpfchen gut leitet. Es mufs daher der Grad der Passivität der positiven Elektrode in Folge der fortdauernden Einwirkung der Zersetzungsflüssigkeit auf das Eisen sofort sich vermindern, oder die Oxydirbarkeit des Metalls sich stei-

gern; es muſs daher auch der Strom, der jetzt durch die Zersetzungszelle geht, gröſser seyn als der Strom, der durch dieselbe Zelle ging unmittelbar vor dem Moment, wo beide Näpfchen durch den längeren Draht verbunden wurden, und es muſs die Stärke jenes Stromes so lange wachsen, bis seine passivirende Rückwirkung auf das Eisen gerade so groſs geworden ist als der entgegengesetzte Einfluſs, den die Zersetzungsflüssigkeit auf das gleiche Metall ausübt. Ist dieser Zustand der Gleichheit der entgegengesetzten Wirkungen von Strom und Säure eingetreten, so findet eine gleichförmige Elektrolyse des Wassers statt, oder es wird die Stärke des Stroms, der durch die Zersetzungsflüssigkeit geht, merklich constant seyn.

Findet ein solcher Zustand statt, und setzt man nun die Näpfchen auſser Verbindung, so tritt, obigen Angaben zufolge, in dem Augenblick, wo dieses geschieht, eine lebhaftere Wasserstoffgasentwicklung an der negativen Elektrode ein, als die Gasentwicklung war, welche stattfand, so lange die Näpfchen durch den längeren Draht mit einander communicirten. Es fällt aber auch die positive Eisenelektrode sofort wieder in den Zustand chemischer Unthätigkeit zurück, und wird die Elektrolyse des Wassers bis zum Grade der Unmerklichkeit vermindert.

Diese Thatsache erklärt sich leicht aus den bereits gemachten Bemerkungen. In dem Augenblick, wo der Draht aus den Näpfchen entfernt wird, muſs aus leicht einsehbaren Gründen durch die Zersetzungszelle ein Strom gehen, stärker als derjenige, welcher unmittelbar vorher durch dieselbe (Zelle) gegangen; hiedurch wird aber das vorhin bestandene Gleichgewicht zwischen der passivirenden Wirkung des Stroms und der depassivirenden Wirkung der Zersetzungsflüssigkeit auf die positive Eisenelektrode gestört, und zwar zu Gunsten der ersteren Wirkung, was das Hervorrufen der Passivität des Eisens zur Folge haben muſs.

Unschwer wird es nun auch seyn, die Wirkung zu begreifen, ausgeübt von einem Verbindungsdrahte, dessen Länge etwas beträchtlicher ist als die Länge des Drahtes, von dem so eben die Rede war. Bei Anwendung eines solchen längeren Drahtes tritt, obigen Angaben zufolge, die interessante Erscheinung ein, daſs während der Dauer der Verbindung dieses Drahtes mit den Näpfchen in gewissen Zeitintervallen eine lebhafte Gasentwicklung an der negativen Elektrode mit einem Stillstande der Elektrolyse in der Zersetzungszelle abwechselt.

Der in Rede stehende längere Draht schwächt nothwendig den Einfluſs, welchen die Kette auf die positive Elektrode ausübt, in einem stärkeren Grade als dieſs ein sonst gleicher, aber kürzerer Draht thut; die Passivität der positiven Elektrode muſs daher bei Anwendung des längeren Drahtes rascher und stärker vermindert werden, als sie (die Passivität) es durch einen kürzeren Verbindungsdraht wird. Unter solchen Umständen steigert man daher die Oxydirbarkeit des Eisens zu einem höheren Grade als dieſs bei Anwendung eines kürzeren Drahtes möglich ist. Dieser höhere Grad der Oxydirbarkeit des Metalles hat aber zur nothwendigen Folge, daſs ein Strom durch die Zersetzungszelle geht, der stärker ist als derjenige Strom, welchen man bei einem schwächeren Grade der Oxydirbarkeit des Eisens erhält. Dieser stärkere Strom muſs aber die positive Elektrode zur chemischen Unthätigkeit bestimmen und die Unterbrechung der Elektrolyse zur endlichen Wirkung haben. Ist in der Zersetzungszelle dieser Zustand der Ruhe eingetreten, so wird der Einfluſs, den die Zersetzungsflüssigkeit auf die positive Elektrode daselbst ausübt, wieder gröſser seyn als derjenige, den die Kette auf diese Elektrode äuſsert; die Oxydirbarkeit des Eisens wird sich daher abermals bis zu dem Grade vermehren, bei welchem ein starker Strom durch die Zersetzungszelle gehen kann. Kurz nach dem Eintritt dieses Stromes wird die Passivität des ge-

nannten Metalls aufs Neue hervorgerufen, in Folge hievon die Entwicklung des Wasserstoffgases an der negativen Elektrode abermals unterbrochen; es wird die Passivität der positiven Elektrode nach einiger Zeit wieder aufgehoben, und so wechseln diese entgegengesetzten Zustände längere Zeit hindurch mit einander ab, bis endlich der Zustand der Ruhe ein dauernder wird.

Wüfste man nun fortwährend die Bedingungen genau zu erfüllen, unter welchen die Wirkung des Verbindungsdrahtes zu der Wirkung der Zersetzungsflüssigkeit auf die positive Eisenelektrode in einem bestimmten Verhältnisse stände, so könnte man den activen und positiven Zustand dieser Elektrode, oder, was dasselbe ist, die elektrolysirende Thätigkeit und Ruhe in der Zersetzungszelle auf die regelmäfsigste Weise mit einander abwechseln lassen. Es machen sich aber uns noch unbekannte Einflüsse geltend, welche dahin gehen, nach einiger Zeit diesen Wechsel von entgegengesetzten Zuständen aufzuheben und die positive Elektrode in dauernde Unthätigkeit zu versetzen.

Die Thatsache endlich, dafs ein sehr langer Verbindungsdraht keine merkliche Wirkung auf die Vorgänge ausübt, die in der Zersetzungszelle stattfinden, bedarf nach den vorausgegangenen Erörterungen kaum einer weiteren Erklärung. In dem fraglichen Falle nämlich wird der Einflufs der Kette auf die positive Eisenelektrode verhältnifsmäfsig nur wenig vermindert, d. h. die Gröfse des Uebergewichts dieses Einflusses über den Einflufs, den die Zersetzungsflüssigkeit auf das Eisen ausübt, wenn auch etwas verkleinert, doch nicht aufgehoben. Es mufs somit unter diesen Umständen die Passivität der positiven Elektrode fortbestehen, wie diefs geschieht, wenn der lange Draht die Quecksilbernäpfchen gar nicht verbindet. Oeffnet man die Kette, während die Näpfchen durch den besagten Draht verbunden sind, und schliefst man dieselbe nach einigen Augenblicken

wieder, so mufs die Gasentwicklung an der negativen Elektrode oder die Oxydirbarkeit der positiven Elektrode etwas länger dauern, als diefs in dem Falle geschieht, wo von dem Verbindungsdraht gar kein Gebrauch gemacht wird. Denn in ersterem Falle mufs der beim Schliefsen der Kette durch die Zersetzungsflüssigkeit gehende Strom schwächer seyn als es der Strom ist, der im zweiten Fall durch dieselbe Flüssigkeit geht. Jener schwächere Strom wird daher auch längere Zeit bedürfen, um die positive Elektrode wieder passiv zu machen, als die Zeit nothwendig ist für den stärkeren Strom, um die gleiche Wirkung hervorzubringen.

Es bleibt mir noch übrig, eine Thatsache in nähere Erörterung zu ziehen, welche, nach meinem Dafürhalten, ein nicht kleines theoretisches Interesse besitzt und zu einer ziemlich wichtigen Folgerung führt. Es ist weiter oben erwähnt worden, dafs keine merkliche Entwicklung von Wasserstoffgas an der negativen Elektrode stattfindet, falls man gewöhnliches Eisen zur positiven Elektrode macht und mit demselben die Kette schliefst. Die unter diesen Umständen in der Zersetzungszelle stattfindende Elektrolyse ist beinahe eben so unmerklich als sie es seyn würde, wenn Platin oder Gold als positive Elektrode functionirte. Wie bereits bemerkt worden, tritt das Eisen unter den angegebenen Umständen in den chemisch-unthätigen Zustand, wird passiv in dem Augenblick, wo es in die verdünnte Schwefelsäure taucht, und es liegt, wie wir gesehen haben, eben in diesem eigenthümlichen Zustand des genannten Metalls der nächste Grund, weshalb kein Strom durch die Kette kreist, hinreichend stark, um selbst im Augenblick des Schliefsens derselben eine wahrnehmbare Wasserelektrolyse zu verursachen. So lange nun die positive Eisenelektrode unter dem ganzen Einflusse der Kette steht, so lange dauert auch die Passivität des Eisens fort, und eben so lange tritt keine merkliche Elektrolyse in der Zersetzungszelle ein. Ver-

bindet man aber die Zuleitungsdrähte der Kette, oder, was dasselbe ist, die so oft erwähnten Quecksilbernäpfchen durch einen gehörig langen Draht, so tritt eine wahrnehmbare und ziemlich stetig bleibende Wasserstoffgasentwicklung an der negativen Elektrode ein, es wird das positive Eisen oxydirbarer und geht somit ein Strom durch die Zersetzungszelle, stärker als derjenige, welcher die gleiche Zelle durchlief, während die Näpfchen aufser Verbindung standen. Wenn nun bisher die Passivität als die Wirkung eines Stromes betrachtet wurde, so scheint mir aus den so eben besprochenen Thatsachen hervorzugehen, dafs eine solche Ansicht nicht zulässig ist, und die chemische Unthätigkeit der positiven Eisenelektrode einer andern Ursache als einem wirklichen Strome von bestimmter Intensität zugeschrieben werden mufs; denn sonst wäre es unmöglich die paradoxe Folgerung zu vermeiden, dafs ein schwächerer Strom eine gröfsere Wirkung verursachte als diefs ein stärkerer zu thun vermöchte. Wäre nämlich die fragliche Passivität wirklich der Effect eines Stromes, dessen Intensität nicht unterhalb eines gewissen Grades fallen dürfte, und würde die Stetigkeit dieser Passivität abhängig seyn von der Fortdauer eines Stromes von der eben erwähnten Beschaffenheit, so ist klar, dafs unter den angegebenen Umständen die positive Eisenelektrode weder in den passiven Zustand treten, noch einmal denselben besitzend, darin zu verharren vermöchte. Eine weiter oben angeführte Thatsache stellt die Richtigkeit dieser Folgerung aufser allen Zweifel. Sind nämlich die Quecksilbernäpfchen durch einen Kupferdraht, z. B. von sechs Fufs Länge und einer halben Linie Dicke, verbunden, und geht vom negativen Näpfchen aus ein Platindraht in die Zersetzungsflüssigkeit, so wird ein Eisendraht, dessen eines Ende man erst in das positive Näpfchen, und dessen anderes Ende man hierauf in die erwähnte Flüssigkeit taucht, nicht passiv; es findet unter diesen Umständen eine merkliche

Was-

Wasserstoffgasentwicklung an der negativen Platinelektrode statt, und geht durch die Zersetzungszelle ein Strom, stärker als derjenige, welcher letztere durchläuft, im Falle die Näpfchen unverbunden sind.

Wenn es nun aus thatsächlichen Gründen kaum mehr bezweifelt werden dürfte, dafs die nächste Ursache der Erregung und der Erhaltung der Passivität des Eisens nicht in einer wirklichen Volta'schen Strömung liegt, so fragt es sich, worin dann jene Ursache zu suchen sey?

Bei dem jetzigen Zustande unseres Wissens ist es vielleicht noch nicht möglich eine genügende Antwort auf die gestellten Fragen zu geben, indefs scheinen mir doch die bisher besprochenen Thatsachen einigen Aufschlufs über den in Rede stehenden Gegenstand zu geben.

Die elektromotorische Beschaffenheit der Kette, mit der meine Versuche angestellt wurden, war so, dafs sie einen äufserst bedeutenden Strom in Circulation setzte, sobald das Metallpaar durch ein Medium verbunden wurde, das verhältnifsmäfsig einen nur geringen Leitungswiderstand darbot. Wurden die Metalle der fraglichen Kette z. B. durch einen mehrere Zoll langen und eine halbe Linie dicken Platindraht verbunden, so gerieth dieser beinahe augenblicklich in lebhaftes Glühen. Bewerkstelligte ich die Schliefsung der Kette durch die Spirale eines Elektromagneten, so wurde der Anker des letzteren durch eine Belastung von drei Centnern noch nicht abgerissen u. s. w.

Befindet sich nun zwischen den Elektroden einer so beschaffenen Kette selbst nur die allerdünnste Schicht von wäfsriger Schwefelsäure, so wird hierdurch ein so grofser Widerstand veranlafst, dafs trotz des grofsen elektromotorischen Vermögens der Kette nur ein äufserst schwacher Strom zur Circulation gelangen kann. Wie schwach nun aber auch der unter solchen Umständen eintretende Strom seyn mag, so besteht doch fortwährend an den Elektroden der Kette die Tendenz, einen

starken Strom durch die Zersetzungszelle zu schicken; denn die Stärke des Stromes vermehrt sich, sobald der zwischen den Elektroden wirkende Widerstand auf irgend eine Weise vermindert wird.

Je nach der Stärke der elektromotorischen Kraft einer Kette und je nach der Gröfse des in der Kette stattfindenden Widerstands mufs also auch in den Elektroden eine bestimmte Tendenz zur Stromerzeugung vorhanden seyn. Nennen wir nun den Zustand der Elektroden, in welchem sie einen Strom hervorzurufen streben, einen solchen aber in Folge der auf sie einwirkenden Widerstände nicht zu Stande zu bringen vermögen, »Spannung,« so werden die Elektroden verschiedener Ketten auch verschiedene Grade von Spannung haben müssen. Die oben angeführten Thatsachen scheinen mir nun der Vermuthung Raum zu geben, dafs die Passivität, welche das Eisen als positive Elektrode einer Kette in verdünnter Schwefelsäure erlangt, vielmehr die Wirkung einer solchen Spannung von bestimmtem Grade, als der Effect eines zur Wirklichkeit gekommenen Stromes sey.

Diese Ansicht erklärt nach meinem Dafürhalten ziemlich genügend die Thatsache, dafs die bestehende Passivität der positiven Eisenelektrode aufgehoben wird, wenn man die Quecksilbernäpfchen durch einen Kupferdraht von bestimmter Länge und Dicke unter einander verbindet. In diesem Falle mufs offenbar die erwähnte Spannung des positiven Eisens geschwächt werden, da der fragliche Verbindungsdraht seines geringen Leitungswiderstandes halber es gestattet, dafs ein bedeutender Theil die elektromotorischen Kräfte der Kette zur Thätigkeit, oder dafs ein starker Strom zur wirklichen Circulation gelangt.

Ist aber ein bestimmter Grad von besagter Spannung erforderlich, damit die Oxydirbarkeit der positiven Eisenelektrode bis auf einen gewissen Grad vermindert

oder das Metall passiv werde, so ist klar, dafs sich dieser Passivitätsgrad vermindern mufs, sobald man durch irgend ein Mittel jene Spannung verkleinert. Diese Schwächung wird nun eben bewerkstelligt durch den Draht, der die Quecksilbernäpfchen verbindet. Hat aber die positive Eisenelektrode einen bestimmten Grad von Oxydirbarkeit wieder erlangt, so kann und mufs dann, gemäfs den weiter oben angeführten Thatsachen, ein Strom durch die Zersetzungszelle gehen, stärker als der Strom, welcher durch die positive Eisenelektrode ging, bevor die Näpfchen durch den Draht verbunden waren.

Es ist unschwer einzusehen, dafs nicht nur die eben besprochene Thatsache, sondern auch alle die oben erwähnten Erscheinungen [1]) sich leicht aus der zuletzt entwickelten Hypothese erklären lassen. Befindet sich z. B. die positive Eisenelektrode im passiven Zustande und wird derselbe durch das Oeffnen der Kette aufgehoben, so hat, meiner Hypothese gemäfs, diese Zustandsveränderung ihren nächsten Grund darin, dafs die besagte Elektrode die Spannung, welche die Passivität bedingt, in dem Augenblick verliert, wo die Kette geöffnet wird. Schliefst man letztere wieder, so wird auch der eigenthümliche Spannungszustand wieder in der Elektrode erregt, und tritt mit ihm die frühere chemische Unthätigkeit des Eisens wieder ein. Letzteres geschieht allerdings, vielleicht in Folge einer Art von Trägheit, nicht im Moment des Schliefsens der Kette selbst, sondern kurze Zeit nachher, woher es kommt, dafs die Wasserstoffgasentwicklung an der negativen Elektrode noch einige Augenblicke nach erfolgter Schliefsung des Volta'schen Kreises fortdauert.

Setzt man überhaupt in den gegebenen Erklärungen

1) Die einzige der oben angeführten Angaben, welche sich nicht befriedigend nach dieser Hypothese erklären läfst, scheint mir diejenige zu seyn, gemäfs welcher die Elektrolyse unter gegebenen Umständen stofsweise oder in Pulsationen stattfindet. *S.*

anstatt Strom, Spannung, so sind dieselben ganz meiner Hypothese gemäfs.

Es ist nun allerdings Thatsache, dafs die chemische Unthätigkeit des Eisens selbst auch dann noch fortbesteht, wenn durch dieses Metall, als positive Elektrode functionirend, ein Strom geht, der stark genug ist, um eine sehr lebhafte Elektrolyse in der Zersetzungszelle zu bewerkstelligen. Es tritt, wie diefs meine früheren Versuche zur Genüge gezeigt haben, ein solcher Fall ein, wenn das Eisen einer kräftigen Säule als positive Elektrode dient, und als solche in eine wasserhaltige Sauerstoffsäure eintaucht. Wie mir scheint, steht aber diese Thatsache in keinem Widerspruche mit der Annahme, dafs die Passivität der positiven Eisenelektrode die Wirkung eines eigenthümlichen Spannungszustandes des Metalles sey. Denn wenn auch in einer solchen Säule der circulirende Strom sehr stark ist, so ist doch, wenn ich mich so ausdrücken darf, der Zustand der fraglichen Spannung, in welchem sich die Elektroden der Säule befinden, nur zum kleineren Theil aufgehoben; weil die in ihr (der Säule) vorhandenen Leitungswiderstände im Verhältnifs zu den vorhandenen elektromotorischen Kräften dieser Säule immer noch sehr grofs sind, wie gut auch sonst das Leitungsvermögen des Elektrolyten ist, welcher sich zwischen den Elektroden befindet. Die nämliche Ursache, die nach unserer Meinung die Passivität des Eisens in der einfachen Kette hervorruft, ist es also auch, die in der Säule wirksam ist, und welche die chemische Unthätigkeit des Metalls veranlafst.

Dafs übrigens in manchen Fällen die Erregung und Fortdauer der Passivität des Eisens nicht von einer wirklichen Volta'schen Strömung herrührt, erhellt deutlich aus der Thatsache, dafs Eisen passiv wird, und passiv bleibt in sehr concentrirter Salpetersäure, und dafs dieses Metall, einmal durch irgend ein beliebiges Mittel passiv geworden, in seinem eigenthümlichen Zustand ver-

harrt, wenn es in Salpetersäure gebracht wird, in der sich gewöhnliches Eisen mit Lebhaftigkeit auflösen würde.

Ich behalte mir vor, in einer späteren Abhandlung die Resultate meiner neuesten Untersuchungen über die Passivität des Eisens mitzutheilen, und bei diesem Anlasse dann in die nähere Erörterung der Frage einzutreten: ob der passive Zustand des Eisens in allen Fällen, wo wir ihn beobachten, von einer und eben derselben Ursache herrühre? Für jetzt genügt es mir, die Aufmerksamkeit der Physiker auf eine Anzahl neuer Erscheinungen hingelenkt zu haben, welchen, nach meinem Urtheile, eine nicht ganz geringe theoretische Wichtigkeit zukommt [1]).

V. *Eine Methode, die Constanten der Volta'schen Ketten zu bestimmen; von M. H. Jacobi.*

(Aus dem Bulletin der St. Petersburger Academie, T. X p. 257.)

Bekanntlich können die Constanten Volta'scher Ketten, nämlich elektromotorische Kraft und Leitungswiderstand, aus zwei Beobachtungen der Stärke des Stromes, leicht abgeleitet werden. Indessen fehlt es uns bis jetzt noch an einem Instrumente, das allen Anforderungen entspräche, die an derartigen Messungen zu machen wären. Die von Lenz und mir häufig angewandte Nervander'sche Tangentenbussole, nach einer bis jetzt noch nicht beschriebenen Construction, würde vor allen den Vorzug verdienen, wenn sie nicht bis jetzt noch einigen Mängeln unterläge. Diese werden aber hoffentlich beseitigt werden, wenn Hr. Nervander, wie er versprochen, die Theorie seines Instrumentes gegeben, und die

1) Vorgetragen in der naturforschenden Gesellschaft zu Basel, den 28. April 1842.

Regeln aufgestellt haben wird, wonach das Verhältnifs der Theile angeordnet werden müsse, damit, ohne zu viel von der Empfindlichkeit aufzuopfern, das Gesetz der Tangenten auch noch bei den gröfseren Deviationen über 30° oder 40° hinaus bestehe. Ein lästiger Umstand ist übrigens der, dafs zu viel von der Vertheilung des Magnetismus in der Nadel abhängt, ein Einflufs, welcher der Natur der Sache nach schwer zu eliminiren seyn wird.

Die *Sinusbussole* unterliegt dieser Unbestimmtheit des Gesetzes weniger, und kann, wenn der Multiplicator auf eine angemessene Weise eingerichtet ist, auch für stärkere Ströme gebraucht werden; indessen sind die Messungen mit ihr langweilig, weil man die Nadel immer mit dem Multiplicator verfolgen mufs, und so die Beobachtungen eine ungleich gröfsere Zeit erfordern, als die mit der Tangentenbussole [1]). Für gewisse Arbeiten

1) Der Aufwand von Zeit und Mühe, welchen der Gebrauch der Sinusbussole mit sich führt, ist meines Erachtens, neben den grofsen Vorzügen, die dieses Instrument vor allen ähnlichen behauptet, von keinem Belang. Hat man erst einige Uebung im Einstellen erlangt, so kann man es, erst aus freier Hand, dann mittelst der Schraube, in zwei, höchstens drittehalb Minuten ganz bequem vollziehen, und so viel Zeit, sollte ich denken, müfste schon immer zu einer genauen Beobachtung übrig seyn. Ich kann nicht glauben, dafs das neue Mefsverfahren des Hrn. Verf., welches denn doch auch bei jeder Beobachtung eine Einstellung verlangt (und, beiläufig gesagt, nicht auf alle galvanometrischen Probleme anwendbar ist) minder mühsam und zeitraubend seyn sollte. Selbst unbeständige Ströme lassen sich in ihrem Verlaufe noch recht gut mit der Sinusbussole verfolgen, sobald nur die Aenderung ihrer Stärke nicht zu rasch geschieht (in welchem Falle übrigens eine Messung, wenn sie überhaupt noch möglich ist, doch schwerlich grofsen Werth haben kann), und zugleich der Durchmesser der Scheibe, in deren gekerbten Rand die Schraube eingreift, nicht zu grofs ist gegen die Ganghöhe dieser. Wäre letzteres der Fall, so würde sich allerdings die feine Drehung des Instruments, ohne sonstigen Vortheil, nur sehr langsam bewerkstelligen lassen.

Es ist übrigens ein Leichtes, die Sinusbussole so einzurichten, dafs sie die (sogenannte) Tangentenbussole in sich vereinigt. Und diese Vereinigung macht eigentlich das letztere Instrument erst vollkommen,

halte ich sie sogar für unbrauchbar, z. B. wenn davon die Rede ist, den Strom während des Ganges einer elektromagnetischen Maschine zu messen. Die Becquerel'sche *Wage* kann nur zu partiellen Zwecken dienen, und es wäre am Ende wirklich am vortheilhaftesten den Werth der Grade einer gut construirten Bussole auf empirischem Wege durch gleichzeitige elektrolytische Zersetzungen zu bestimmen, wenn nicht die ursprüngliche Arbeit, sobald sie mit allen, einer gröfseren Genauigkeit entsprechenden Vorsichtsmafsregeln ausgeführt werden soll, eine zu mühsame wäre.

Unter diesen Umständen wäre es vortheilhaft, wenigstens die Bestimmung der Constanten, unabhängig von der Messung der Ströme machen und mit jeder beliebigen Bussole vornehmen zu können, deren Gesetz eben nicht bekannt ist. Hr. Poggendorff hat in zwei neuerdings publicirten Abhandlungen zwei Methoden bekannt gemacht, um gewisse Verhältnisse der Constanten zweier verschiedenen Volta'schen Combinationen, auf eine einfache Weise zu bestimmen. Diese Methoden wären gewifs recht brauchbar, wenn sie nicht, wie der Verfasser

indem man dann in den Stand gesetzt ist, dasselbe, nach der von mir im sechsten Heft dieses Jahrgangs beschriebenen Methode, für jegliche Gestalt des Drahtgewindes mit Genauigkeit zu graduiren und zu Messungen bis zu den Gränzen des Quadranten brauchbar zu machen. Freilich gewährt das Instrument, so angewandt, nicht den Grad von Genauigkeit und Empfindlichkeit, welchen es als Sinusbussole besitzt, besonders nicht bei grofsen Ablenkungswinkeln, wo er sich bei letzterer in dem Maafse steigert, dafs man z. B. bei 85° Ablenkung, wenn die Ablesung auch nur bis zu ganzen Minuten reicht, noch fast $\frac{1}{40000}$ der Kraft wahrnehmen und selbst messen kann, wenn, was bei kleineren Ablenkungen nur nach längeren Zwischenzeiten nöthig ist, auf die täglichen Variationen der erdmagnetischen Declination und Intensität Rücksicht genommen wird; — allein dafür bietet die Anwendung eines feststehenden Drahtgewindes eine wenigstens theilweise Entschädigung, indem man nicht nur der Einstellungen überhoben ist, sondern auch, ohne weitere Hülfsmittel, über eine sehr umfangsreiche Skale zu verfügen hat. *P.*

auch gleich selbst nachgewiesen hat, auf einem fehlerhaften Principe beruhten [1]). Es genügt nämlich keineswegs, mit einer mathematisch-physikalischen Formel, gewisse algebraische Umwandlungen vorzunehmen, und deren Resultaten die eben bequeme Deutung zu geben, wenn nicht die Formel so umfassend ist, daſs sie ihr Correctiv für alle Fälle und alle veränderlichen Elemente in sich trägt. Bezeichnen wir z. B. die elektromotorischen Kräfte zweier Volta'schen Combinationen mit A und A', so kann der Natur der Sache nach der Ausdruck $A - A'$ gar nicht existiren, da mit dem quantitativen Unterschiede, dem relativen Gegensatze der dadurch bezeichnet werden soll, zugleich ein qualitativer Unterschied oder ein absoluter Gegensatz hervortritt. Das $+A'$ nämlich bezeichnet die elektromotorische Kraft einer gewöhnlichen Kette, an deren positivem Elemente sich Oxygen, an deren negativen Elemente sich Hydrogen entwickelt. Die Kette, welche mit $-A'$ bezeichnet wird, ist *deſshalb* eine ganz andere wie die frühere, weil ihre elektrolytischen Beziehungen nicht mehr normal sind, sondern sich rein umgekehrt haben. Hydrogen wird am Zink entwickelt und das Kupfer wird oxydirt. Solches specifische Verhalten tritt zwar auch bekanntlich bei einfachen Ketten auf, und

1) Fehlerhaft ist das Princip wohl nicht zu nennen; aber es wird durch Umstände, die indeſs nur als secundär betrachtet werden können, in seiner Anwendung beeinträchtigt und beschränkt, und das ist's, was ich selbst glaube umständlich genug dargethan zu haben. Hoffentlich werden die Physiker mir indeſs kein Verbrechen daraus gemacht haben, daſs ich die Theorie auf einen Fall anwandte, wo sie zwar keine ganz befriedigende Zahlenwerthe liefern konnte, doch aber im Allgemeinen ihre Richtigkeit bewährte, und zugleich Erscheinungen näher kennen lehrte, die interessant genug sind, um weiter verfolgt zu werden. Ich selbst gedenke deſshalb noch später auf den Gegenstand zurückzukommen, und will hier nur bemerken, daſs die strenge Anwendbarkeit des Princips auf hydro-galvanische Ketten (bei magnetoelektrichen kann sie wohl von vorn herein keinem Zweifel unterliegen) bis jetzt vorzüglich daran scheiterte, daſs die Messungen nicht rasch genug, nicht momentan ausgeführt werden konnten. *P.*

scheint durch einen allmälig fortschreitenden quantitativen *Rückgang* vorbereitet zu seyn, indessen hat Fechner nachgewiesen, dafs die Veränderungen der elektromotorischen Kraft, die wir gegenwärtig gewöhnlich mit Polarisation bezeichnen oder dieser zuschreiben, sich sprungweise äufsern; und obgleich dessen experimentelle Beweise weder befriedigend noch erschöpfend genannt werden können, so hat es doch eine grofse Wahrscheinlichkeit für sich, dafs es so sey; denn alle qualitativen Veränderungen in der physikalischen und chemischen Natur sind wir gewohnt nur eben auf solche Weise vor sich gehen zu sehen. Gleich im Beginne meiner hiesigen Arbeiten hatte ich Versuche angestellt, um eine Ansicht über die Vorzüge der Platin-Zink-Kette vor der Kupfer-Zink-Kette in gewöhnlicher verdünnter Schwefelsäure dadurch nachzuweisen, dafs ich beide in entgegengesetzter Richtung mit einander verband. Aber die Schwankungen in der Stärke des Stromes, ja sogar die Umkehrungen in dessen Richtung, die hiebei stattfanden, liefsen mich zu keinem Resultate kommen. Ich unterliefs auch eine Publication dieser Versuche, weil die Methode sich als fehlerhaft erwiesen hatte, und die Deutung, warum sie es sey, ganz nahe auf der Hand lag.

In einem Aufsatze, den ich der Academie in der Sitzung vom 3. September v. J. präsentirt hatte, habe ich eine Methode angegeben, um mit einer gewöhnlichen Bussole, bei der man das Gesetz nicht kennt, wonach die Ablenkung der Nadel von der Stärke des Stromes abhängig ist, die Verhältnisse der elektromotorischen Kräfte verschiedener Volta'schen Combinationen durch meinen Widerstandsregulator zu bestimmen [1]). Von diesem In-

1) Vergl. Ann. Bd. LIV S. 347. — Ich erlaube mir dabei zu erinnern, dafs ich dieselbe (oder wenigstens eine im Princip mit ihr identische) Methode anwandte, ehe sie dem Hrn. Verfasser von Hrn. Wheatstone mitgetheilt wurde. Man sehe Annalen, Bd. LII S. 526. P.

strumente, das ich seitdem Volt'agometer genannt habe, und dessen Construction durch die HH. Lenz und Nervander bedeutend verbessert worden ist, habe ich in der vorigen Sitzung unserer Klasse eine neue Zeichnung und Beschreibung gegeben. Die früher angewandte und erwähnte Methode diente zwar zur Bestimmung der elektromotorischen Kräfte, nicht aber zur Bestimmung der Leitungswiderstände. Dieses Element und dessen Modification steht zwar mehr in unserer Gewalt, ist aber nicht minder wichtig und wesentlich als das andere. Zuerst erfordert mein Verfahren, eben so wie das Ohm'sche, eine genaue, ein für allemal zu machende Bestimmung der constanten, in dem Volta'schen Kreise befindlichen Leitungswiderstände, z. B. des Multiplicators, der Zuleitungsdrähte u. s. w. Dann aufserdem die Bestimmung noch eines oder mehrerer Hülfsdrähte. Alles wird, wie es sich von selbst versteht, in Windungen des Volt'agometers ausgedrückt. Ist nun A die elektromotorische Kraft und λ der Leitungswiderstand des Plattenpaares, bezeichnet l die Summen der Leitungswiderstände des Multiplicators, der Zuleitungsdrähte und der Anzahl Windungen des *Agometers*, die hinzugefügt werden müssen, um die Nadel auf einen bestimmten Ablenkungswinkel α zu erhalten; bezeichnet ferner L einen Hülfsdraht, welcher als Nebenschliefsung die Kette unmittelbar schliefst, so ist der Theil des Stromes, der durch den Multiplicator geht:

$$\frac{AL}{\lambda(l+L)+lL}=\varphi(\alpha) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (I)$$

Hebt man die Nebenschliefsung auf und führt durch Drehung des *Agometers*, der sich mit in der Kette befindet, noch einen solchen Leitungswiderstand x hinzu, dafs die Nadel wieder dieselbe Ablenkung α zeigt, so erhält man:

$$\frac{A}{\lambda+l+x}=\varphi(\alpha) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (II)$$

woraus sich ergiebt:

$$\lambda = \frac{xL}{l} \ldots\ldots\ldots\ldots (III)$$

Haben für eine andere Kette dieselben Buchstaben dieselbe Bedeutung, so erhält man:

$$\lambda' = \frac{x'L}{l'} \ldots\ldots\ldots\ldots (IV)$$

und ferner:

$$A : A' = \lambda + l + x : \lambda' + l' + x' \ldots\ldots (V)$$

wodurch das Verhältnifs der elektromotorischen Kräfte gegeben ist. Man mufs darauf aufmerksam seyn, dafs x, x' nur die hinzugefügten, und nicht die an der Theilung abgelesenen Windungen des *Agometers* bedeuten. Richtet man durch Drehung des letzteren die Ablenkung α so ein, dafs die Nadel gerade über einem Theilstriche steht, so kann man eine viel gröfsere Genauigkeit der Beobachtung erlangen, die bei 5- bis 6zölligen Kreisen bis auf eine Minute verbürgt werden kann, wenn die Spitze des Zeigers, welchen die Nadel trägt, hinlänglich fein ist. Die auf diese Weise zu machenden Messungen sind sehr expeditiv, besonders wenn ein Gehülfe das *Agometer* dreht und abliest.

Zur vorläufigen Prüfung dieser Methode habe ich eine Grove'sche Platin-Zink-Kette, eine Daniell'sche Kupfer-Zink-Kette und dann beide hinter einander combinirt mit einander verglichen. Die Ablenkung betrug etwa 20°, die zur Ladung gebrauchte Schwefelsäure hatte 1,17 spec. Gewicht, die Nebenleitung L war $=2{,}367$ und der Widerstand des Multiplicators und der Zuleitungsdrähte bis zum Nullpunkte des Agometers $=10{,}840$.

Daniell'sche Kupfer-Zink-Kette.

No. der Versuche	l.	x.	$\lambda = \frac{Lx}{l}$.	$\lambda + l + x$.
I.	13,768	6,251	1,075	21,094
II.	13,731	6,244	1,076	21,051
III.	13,722	6,228	1,074	21,024
IV.	13,687	6,233	1,078	20,998
Mittel aus den 4 Beobachtungen			1,076	21,042

Grove'sche Platin-Zink-Kette.

No. der Versuche.	l'.	x'.	$\lambda' = \frac{Lx'}{l'}$.	$\lambda' + l' + x'$.
I.	27,206	7,425	0,646	35,277
II.	27,187	7,392	0,644	35,223
III.	27,162	7,370	0,642	35,174
IV.	27,148	7,340	0,640	35,128
Mittel aus den 4 Beobachtungen			0,643	35,201

P. Z. ⌐ K. Z.

No. der Versuche.	l''.	x''.	$\lambda'' = \frac{Lx''}{l''}$.	$\lambda'' + l'' + x''$.
I.	32,716	21,303	1,541	55,560
II.	32,928	20,988	1,509	55,417
III.	32,921	20,869	1,505	55,295
IV.	32,867	20,824	1,505	55,196
Mittel aus den 4 Beobachtungen			1,515	55,389

Aus der Rechnung ergäbe sich:

$$\lambda + \lambda' = \lambda'' = 1,719,$$

aus der Beobachtung aber:

$$\lambda'' = 1,515$$

ferner aus der Rechnung:

$$A + A' = A'' = 56,243,$$

aus der Beobachtung aber:

$$A'' = 55,389.$$

Diese an sich unbedeutenden Unterschiede würden

vielleicht noch mehr verringert worden seyn, wenn auf die in meinem vorigen Aufsatze angedeutete Correction der Windungen Rücksicht genommen wäre; indessen zeigt es sich auch hier, was ich in der bei weitem gröfsten Zahl der mir vorgekommenen Fälle bemerkt habe, dafs nämlich bei denselben Ketten mit der Zu- oder Abnahme des einen Elementes, bis auf eine gewisse Gränze hinaus, immer auch eine Zu- oder Abnahme des andern Elementes verbunden ist. Es findet sich sehr selten, und dann nur in den spätern Stadien der Wirksamkeit der Ketten, dafs diese Beziehungen sich umkehren.

In einem früheren Aufsatze: »*Mesure comparative de l'action de deux couples voltaïques etc.*«, den ich der Academie bereits in der Sitzung vom 31. Januar 1840 mitgetheilt hatte [1]), habe ich gezeigt, auf welche Weise allein praktische Folgerungen aus der Bestimmung der Constanten einer Kette gezogen werden können. Ich hielt es für genügend, den Gegenstand, obgleich er wichtig ist, nur angedeutet zu haben. Indessen bin ich veranlafst doch einige Worte hinzuzufügen. Hr. Lenz und ich haben in einer von uns gemeinschaftlich abgefafsten Abhandlung, welche am 6. Juli 1838 gelesen worden ist, die verschiedenen Umstände untersucht, welche bei der Elektromagnetisirung des weichen Eisens vorkommen, und daraus die Formel entwickelt, für diejenige Anordnung, welche dem Maximo der Wirkung entspricht. Die Bedingungen derselben werden erfüllt, wenn der Leitungswiderstand der Batterie dem Leitungswiderstande des umwickelnden Schliefsungsdrahtes gleich ist. Dieser Satz ist später von Hrn. W. Weber von Neuem ausgesprochen worden. Es begreift sich, dafs es sich hierbei nicht um eine blofse algebraische Behandlung der Ohm'schen Formel handelt, sondern dafs, wie aus unserem Aufsatze

1) Annalen, Bd. L S. 510.

zu ersehen ist, eine Menge anderer Bestimmungen vorhergehen mufsten, die, weil sie glücklicherweise sehr einfache Resultate hatten, später von andern so aufgenommen wurden als verstünden sie sich von selbst. Die Maxima der elektromagnetischen Effecte sind also des obigen einfachen Ausdruckes fähig; wollte man dagegen die Maxima der im Voltameter zu erhaltenden elektrolytischen Effecte auf diese Weise berechnen (Poggendorff, Jan. 1842, S. 47) und die Kette danach anordnen, so würde man ein falsches physikalisches Resultat erhalten, obgleich in der algebraischen Rechnung kein Verstofs begangen worden ist. Ich habe nämlich in einem Aufsatze »*über das chemische und magnetische Galvanometer*« (Bulletin vom 19. April 1839) [1]) gezeigt, dafs das Voltameter nicht mit einem Drahte von constantem Leitungswiderstande verglichen werden könne, indem »*die Aequivalenz zwischen flüssigen und festen Leitern nicht absolut ist, sondern von der Stärke des Stromes abhängt* [2]). Die weiteren Versuche, die sich

1) Annalen, Bd. XXXXVIII S. 26.

2) Dafs die sogenannte Polarisation, welche eben die Aequivalenz zwischen flüssigen und festen Leitern nicht absolut macht, von der Stärke (so wie von der Dauer) des Stromes abhängt, war wohl schon lange vor dem Hrn. Verf., namentlich durch Fechner's Versuche, bekannt, und konnte mir zur Zeit, da ich den angeführten Aufsatz schrieb, um so weniger unbekannt seyn, als ich bereits ein halbes Jahr zuvor aus eigner Erfahrung gelernt hatte, dafs jenes complicirte Phänomen nicht blofs von der *Stärke* und *Dauer* des Stroms, sondern auch von der *Dichtigkeit* desselben, und, was selbst für meine früheren Versuche von Wichtigkeit ist, von dem gegenseitigen *Abstande* der Platten bedingt wird. — Bekannt mit allen diesen Erscheinungen, habe ich auch auf der vom Hrn. Verf. citirten Seite meines Aufsatzes gesagt: „Man kann für diese Aufgabe die Schwächung des Stroms, welche die Einschaltung des Voltameters hervorbringt, als Folge eines von letzterem verursachten constanten Widerstands ansehen, oder, *wenn man daran Anstofs nähme, da in Wahrheit durch das Voltameter zugleich der Widerstand vermehrt und die elektromotorische Kraft geschwächt wird, sich statt dieses Instruments*

in demselben Aufsatze befinden, bestätigen dieses Ergebnifs vollkommen. Als ich mich damals viel mit Wasserzersetzung beschäftigte wäre mir ein bestimmtes Gesetz über die zweckmäfsigste Anordnung der Batterien und der Voltameter sehr willkommen gewesen. Die Polarisation der Elektroden liefs aber nur zu einigen empirischen Resultaten in dieser Beziehung gelangen.

Will man die Wirkung zweier Volta'schen Combinationen mit einander vergleichen, so kann es nur so geschehen, dafs man sich ihre gegebenen Gesammtoberflächen s, s' in so viel Plattenpaare z, z' zerschnitten denkt, dafs deren Leitungswiderstand dem andern in der Kette befindlichen und den Effect bedingenden Leitungswiderstand L gleich sey, oder dafs:

$$\frac{z^2\lambda}{s}=\frac{z'^2\lambda'}{s}=L.$$

In diesem Falle hat man für die Maxima der Stromesstärken C_m und C'_m:

$$C_m=\frac{A\sqrt{s}}{2\sqrt{\lambda L}} \text{ und } C'_m=\frac{A'\sqrt{s'}}{2\sqrt{\lambda' L}}$$

oder:

$$C_m=\frac{Az}{2L} \text{ und } C'_m=\frac{A'z'}{2L},$$

woraus man die für gleiche Effecte erforderlichen Totaloberflächen, so wie die Anzahl der Elemente finden kann, worin sie zerschnitten werden müssen, um dem Maximum des Effects zu entsprechen. Es verhält sich hiernach immer *die Anzahl der Plattenpaare umgekehrt wie die elektromotorischen Kräfte*, und es folgt daraus ferner, *dafs die Zinkconsumtion in der ganzen Kette oder im Allgemeinen die elektrolytischen Actionen sich wie die Anzahl der Platten oder ebenfalls umgekehrt wie die*

einen Draht von constantem und etwas beträchtlichem Widerstande in die Batterie eingeschaltet denken." — Ich habe nicht geglaubt, dafs nach einer sò offenen Erklärung noch ein Mifsverstand möglich wäre. *P.*

elektromotorischen Kräfte verhalten. Es ist also, wie ich schon früher für die elektromagnetischen Maschinen nachgewiesen habe, so auch für die andern Effecte in öconomischer Beziehung theoretisch immer vortheilhafter Volta'sche Combinationen zu wählen, bei denen die Erreger in einem stärkeren elektromotorischen Gegensatze stehen.

Nachtrag.

So eben mit der Correctur des obigen Aufsatzes beschäftigt, erhalte ich durch die Güte des Hrn. Poggendorff seinen in Bd. LV der Annalen befindlichen Aufsatz *»über die verbesserte Einrichtung des Voltameters u. s. w.«* Ich finde darin S. 290 angeführt, dafs Herr Vorsselman de Heer und ich schon früher die Formel gegeben hätten, gemäfs welcher der Strom einer Volta'schen Batterie von constanter Oberfläche der Platten das Maximum seiner chemischen Wirkung ausübt, wenn der Widerstand in der Zersetzungszelle gleich ist dem übrigen Widerstande in der Batterie. — In Bezug auf Hrn. Vorsselman de Heer lasse ich die Sache dahin gestellt, was aber mich betrifft, so habe ich diesen Satz nicht allein nie ausgesprochen [1]), sondern, wie man aus

1) Es ist auch von mir nicht behauptet worden, dafs der Hr. Verfasser diesen Satz ausgesprochen habe. Ich habe denselben nur genannt, als Einen, der die in Rede stehende Formel früher aufgestellt habe, und hätte diefs füglich unterlassen können, wenn mir damals Ohm's weit ältere Ansprüche (dessen *„galvaniche Kette,"* S. 188) gegenwärtig gewesen wären. Was die aus der Formel gezogene Folgerung betrifft, so ist sie lediglich die meine, die zu vertreten ich auch jetzt noch keinen Anstand nehme, da ich in dem Folgenden deutlich genug und fast auf jeder Seite gesagt habe, dafs dergleichen Schlüsse nur unter der Voraussetzung gelten, *„die von jeder Zersetzungszelle bewirkte Schwächung des Stroms lasse sich, wenigstens annähernd, durch einen constanten Widerstand vorstellen"* (A. a. O. S. 291.). Für Platinplatten in verdünnter Schwefelsäure, eine

aus dem Obigen ersehen haben wird, auch gezeigt, dafs man ihn nicht aussprechen dürfe.

Der nämliche Aufsatz des Hrn. Poggendorff erinnert mich bei Gelegenheit des Vorschlages: die Elektroden, die zur Entwicklung getrennter Gase dienen, mit Drahtnetzen zu umgeben, an einige früher gemachte Erfahrungen, die ich erzählen will, obgleich sie hiermit nur in entfernterem Zusammenhange stehen.

Bei meinen ersten galvanoplastischen Versuchen bediente ich mich häufig kupferner Kästchen mit durchlöchertem Boden und Seitenwänden, um den Vorrath von $\dot{C}u\dddot{S}$ Krystallen in der Flüssigkeit aufzuhängen. Diese Kästchen, die nirgends mit der Kette in Verbindung standen, fanden sich gewöhnlich nach einiger Zeit stellenweise zerfressen und aufgelöst, stellenweise aber mit reducirtem Kupfer bedeckt. Ich konnte mir dieses Phänomen nicht gleich erklären, und liefs es in Vergessenheit gerathen. Als ich meine Versuche in gröfserem Maafsstabe fortsetzte, liefs ich grofse Behälter aus Kupfer oder Bleiplatten anfertigen, um darin die Reductionen vorzunehmen. Auch hier fanden sich regelmäfsig nach mehreren Tagen Boden oder Seitenwände stellenweise zerfressen, stellenweise aber, und zwar in scharfer Begränzung, mit reducirtem Kupfer bedeckt. Die gehörige Vorsicht war gebraucht worden, um die Auflösung von $\dot{C}u\dddot{S}$ recht neutral zu erhalten, so wie auch jede Berührung des Kastens mit den Elektroden zu vermeiden. Indessen ergab eine nähere Untersuchung, dafs die oxydirten Stellen immer der Kathode, die reducirten aber immer der Anode zunächst lagen, und hiermit war auch die Erklärung des Phänomens gegeben. Es ergiebt sich näm-

Combination, die der Hr. Verf. beim Worte „chemische Wirkung" immer allein im Sinne zu haben scheint, würde freilich eine solche Voraussetzung sehr unrichtig seyn, aber für Platten von unamalgamirtem Zink in solcher Säure stellt sie sich mit grofser Annäherung als richtig dar, wie ich diefs hinreichend gezeigt zu haben glaube. *P.*

A C

K

lich aus dem beigefügten Schema, wo *A* und *C* die Elektroden, *K* aber die indifferente Kupferplatte bezeichnet, dafs ein Theil des Stromes durch die letztere aufgefangen und fortgeleitet wird. Wo die Richtung des Stroms, also die Spitze des Pfeils, hintrifft, findet Reduction, wo der Strom sich aber von der Platte abwendet, Oxydation statt. Die Anwesenheit von Metallen oder andern Leitern in elektrolytischen Flüssigkeiten ist also keineswegs gleichgültig. Es kann sich an dieses Phänomen manche interessante Betrachtung knüpfen. Eine Kupferplatte z. B., die in einer Kupfervitriollösung als Zwischenplatte zwischen die Elektroden gebracht wird, repräsentirt gewissermafsen ein organisches Individuum; denn sie ist einem immerwährenden Wechsel der Substanz unterworfen und bleibt doch immer dieselbe. Kaum dürfte in der anorganischen Natur ein ähnliches Beispiel aufzuweisen seyn.

Ich will noch ein anderes Factum erzählen, das vielleicht ebenfalls hierher gehört, und dessen ich mich mit Vergnügen erinnere, weil es mir Veranlassung gab den Graphit in die Galvanoplastik einzuführen, um dadurch metallische Oberflächen zu ersetzen. Ich hatte eine mächtige Daniell'sche Batterie von mehr denn 400 Plattenpaaren construiren lassen. Um Raum zu sparen hatte ich mich, was ich freilich jetzt nicht mehr als zweckmäfsig erkenne, sehr enger, viereckiger, kupferner Kasten bedient, in welchen sich noch engere Zellen befanden, die aus zwei porösen Thonplatten zusammengekittet waren. Beim Experimentiren mit dieser Batterie fand sich die Wirkung aufserordentlich ungleich, und eine nähere Untersuchung ergab, dafs mehrere dieser Thonplatten so hart gebrannt waren, dafs der Strom dadurch einen sehr beträchtlichen Widerstand erfuhr. Es mufste daher eine Prüfung jedes einzelnen Kastens vorgenommen werden, und ich beauftragte meinen Gehülfen die brauchbaren

Thonkasten mit einem *G*, die unbrauchbaren aber mit einem *S* durch *Bleistift* zu bezeichnen. So hatte ich eine wirklich vortreffliche Elitenbatterie gebildet, mit welcher ich im Stande war zu arbeiten. Nach einiger Zeit fand es sich, dafs bei einigen dieser Thonkasten das *G* sich vollständig mit Kupfer bedeckt hatte, was in der That ein recht glücklicher Zufall war, da es mich auf das erwähnte, practisch sehr wichtige Resultat, hinsichtlich des Graphits, geführt hat. Haben mir nun diese und ähnliche Phänomene, die Bedeutung der Zwischenplatten klar und manche andere Umstände, die bei elektrolytischen Zersetzungen vorkommen, erklärlich gemacht, so mufs ich geneigt seyn, auch die vorgeschlagenen Drahtnetze als partielle Zwischenplatten zu betrachten, die, abgesehen von der Schwächung des Stromes, die durch sie herbeigeführt wird, auch noch andere Nachtheile veranlassen können. Es mufs nämlich an den Wänden dieser Netze, der Kathode gegenüber, sich Oxygen, der Anode gegenüber aber Hydrogen, nach Umständen in gröfseren oder geringeren Quantitäten entwickeln. Hierdurch würden die Gase verunreinigt und die Messungen unsicher gemacht. Würde man sich aber zu solchen Drahtnetzen oxydirbarer Metalle bedienen, so würde eine baldige Zerstörung derselben stattfinden. In wiefern die Versuche des Hrn. Poggendorff diese Ansicht bestätigen oder widerlegen werden, wird derselbe uns gewifs nicht lange vorenthalten [1]).

1) Um dieser Aufforderung zu willfahren, bemerke ich, dafs es mir nicht in den Sinn gekommen ist, Platinnetze für saure, oder Eisennetze für alkalische Flüssigkeiten vorzuschlagen, weil diese allerdings den vom Hrn. Verf. hervorgehobenen zweifachen Nachtheil mit sich führen würden. Ich habe gemeine Messingnetze angewandt, die von schwacher Säure oder Kalilauge nur wenig angegriffen werden, und auch der Wirkung des Stroms, wenigstens wenn er keine zu grofse Stärke besitzt, längere Zeit widerstehen, ohne die bezeichneten Nachtheile darzubieten. Freilich werden sie mit der Zeit zerstört, und geben zu einem Kupferniederschlag an der negativen Polplatte Anlafs;

Erscheinen nun solche Drahtnetze für die Sicherheit der Messung mindestens gefährlich, so glaube ich dagegen sie würden, wenn man sie aus dünnem Platindrahte anfertigte, mehr leisten, wenn man sie vielmehr als Elektroden gebrauchte. Wahrscheinlich würde bei ihnen die Polarisation in viel geringerem Maafse auftreten als bei vollen Platten; so wenigstens sollte man nach Analogie der aus Drahtnetzen bestehenden Batterien schliefsen. Diese sind, wenn ich nicht irre, auf Grove's Vorschlag, seit Kurzem in England eingeführt, und zeigen, wie ich mich selbst überzeugt habe, eine wirklich bewunderns-werthe Constanz.

allein beide Uebelstände sind bei der Wohlfeilheit des Materials und der langsamen Auflösung desselben von keiner grofsen Bedeutung. Ich habe übrigens zu voltametrischem Behufe nicht blofs Drahtnetze vorgeschlagen, sondern auch Haartuch und Leinwand, Stoffe, deren Anwendbarkeit in den geeigneten Flüssigkeiten der Hr. Verf. hoffentlich nicht in Zweifel ziehen wird, wiewohl er uns darüber sein Urtheil vorenhalten hat. Ich für meine Person glaube sogar, dafs leinene Gewebe in gewissen Fällen den Vorzug haben vor den porösen Thongefäfsen, obgleich diese, so wie sie in Berlin angefertigt werden, den englischen nichts nachgeben, und für die meisten Zwecke treffliche Dienste leisten. Ich glaube nämlich, auf ältere und neuere Erfahrung mich stützend, dafs, bei grofser Stärke des Stroms, selbst in den Poren dieser Gefäfse eine Wasserzersetzung eintreten und somit eine Verunreinigung der getrennten Gase stattfinden kann. Wie gering und für die gewöhnlichen Zwecke bedeutungslos diese Wasserzersetzung auch immer seyn mag, so kann es doch Fälle geben, wo es wünschenswerth ist, sie ganz zu unterdrücken, und das, glaube ich, wird nicht vollkommner erreicht, als durch Anwendung leinener Gewebe von zweckmäfsiger Gröfse der Maschen. — Schliefslich will ich noch bemerken, um etwaigen Reclamationen zuvorzukommen, dafs ich bei den Voltametern mit porösen Thoncylindern nur die Form dieser Instrumente für mich in Anspruch nehme, nicht die Anwendung des Materials, welches als Scheidewände in durchschnittenen Glasgefäfsen schon vor mir von Hrn. Daniell benutzt worden ist. *P.*

VI. *Ueber die mit Chromsäure construirten galvanischen Ketten; von J. C. Poggendorff.*

(Das Wesentliche mündlich mitgetheilt der Academie am 15. Aug. d. J.)

In neuerer Zeit ist von mehren Seiten her die Chromsäure oder vielmehr ein Gemisch von saurem chromsaurem Kali und Schwefelsäure als Ersatzmittel für die Salpetersäure in der Grove'schen Batterie benutzt und zum Theil empfohlen worden, hauptsächlich aus dem Grunde, weil dabei die mit dem Gebrauch der letzteren Säure verknüpften, unter Umständen sehr lästig werdenden Dünste wegfallen.

Die erste Anwendung der Chromsäure kommt wohl dem Prof. Bunsen zu, der sie indefs für Kohle, als negatives Element, nicht practisch fand [1]); später ist sie vom Dr. Leeson [2]) und Hrn. Warrington, in London, vorgeschlagen, und namentlich von letzterem, bei Benutzung von Platin, als sehr wirksam bezeichnet [3]). Herrn Warrington gebührt auch das Verdienst, die Schwefelsäure in einem richtigen Verhältnifs zum sauren chromsauren Kali angewandt zu haben, nämlich in einem solchen, dafs die Flüssigkeit, nach vollständiger Reduction der Chromsäure auf Chromoxyd, schwefelsaures Chromoxyd-Kali oder sogenannten Chrom-Alaun enthält, was den Vortheil gewährt, die Fällung von Chromoxyd zu verhindern. Es sind indefs bis jetzt nur einige vorläufige Versuche vom Londoner Chemiker veröffentlicht worden; ausführlichere, die er versprochen, sind noch nicht erschienen, und dürften vielleicht durch seine

1) Annalen, Bd. LIV S. 420.

2) *Phil. Mag. Ser. III Vol. XX p.* 262.

3) *Ibid. p.* 393.

kürzliche Berufung zum Nachfolger im Amt des unglücklichen Hennell [1]) auf längere Zeit hinausgeschoben seyn.

Ich glaube daher, dafs es für Deutschland, wo über die Tauglichkeit des neuen Mittels wenigstens nichts näheres zur Kenntnifs des Publicums gebracht ist, einigen Nutzen haben werde, meine Erfahrungen über diesen Gegenstand bekannt zu machen, zumal ich sie mit einigen Zahlenwerthen geben kann, die wir sonst vielleicht nicht sobald erhalten haben würden. Es war schon längst meine Absicht, die Wirksamkeit der Chromsäure messend zu bestimmen, aber anderweitige Arbeiten hielten mich davon ab, bis ich kürzlich durch einen Besuch meines Freundes, des Prof. v. Ettingshausen aus Wien, eine neue Anregung dazu erhielt.

Die von mir angewandte Chromflüssigkeit besteht aus einem Gemisch von drei Gewichtsthl. sauren chromsauren Kalis, vier Gewichtsthl. concentrirter Schwefelsäure und 18 Gewichtsthl. Wasser; sie besitzt so ziemlich das Maximum ihrer möglichen Concentration in gewöhnlicher Temperatur, eine Dichte von etwa 1,20, und enthält die beiden ersten Stoffe nahe im richtigen Verhältnifs [2]). Sie nahm successive Kohle (Bunsen'sche von der festeren Art), Platin und Kupfer auf, und war durch ein poröses Thongefäfs getrennt von der Schwefelsäure, einem Gemisch von 1 Gwthl. concentrirter Säure und 9 Gwthl. Wasser, in welches amalgamirtes Zink getaucht ward.

Des Vergleiches halber wurden ähnliche Ketten, für

1) Bekanntlich fand er seinen Tod beim Experimentiren mit einer neu erfundenen, wahrscheinlich mit einem Knallpräparat gefüllten Art Granaten, die für den Afghanenkrieg bestimmt waren.

2) Es ist nämlich:

saures chromsaures Kali	$= KO.2CrO_3 = 1893{,}55$
schwefelsaures Chromoxydkali	$= KO.Cr_2O_3.4SO_3 + 24H_2O$
4 At. Schwefelsäurehydrat	$= 4(SO_3.H_2O) = 2454{,}64$

und 1893,55 : 2454,64 nahe wie 3 : 4.

Kohle und Platin, mit Salpetersäure von 1,30 Dichte, und, für Kupfer, mit gesättigter Kupfervitriollösung von 1,20 Dichte (1 Gwthl. Salz und 4 Gwthl. Wasser) construirt.

Bei allen diesen Ketten waren die Platten 1 Zoll Par. breit, 2½ Z. tief eingetaucht und 9½ Lin. aus einander. Das System der beiden Flüssigkeiten hatte immer gleiche, aber etwas verwickelte Dimensionen, so dafs es schwer halten möchte, die nachstehenden Werthe der Widerstände auf bestimmte Dimensionen jeder Flüssigkeit zurückzuführen. Die der negativen Platte befand sich in einem Thoncylinder, der 11½ Lin. inneren Durchmesser hatte; die der positiven Platte füllte den ringförmigen Raum, den dieser Cylinder in einem Glasgefäfs von 25¾ Lin. innerem Durchmesser übrig liefs. Vorzüglich wurde darauf gesehen, wie das immer von mir bei dieser oft gebrauchten Vorrichtung geschah, dafs die Platten, deren gegenseitiger Abstand durch den Plattenhalter [1]) ein unverrückbarer war, stets einerlei Lage gegen die Trennungsfläche beider Flüssigkeiten behielten, was besonders nöthig ist, wenn die Flüssigkeiten in Leitungsfähigkeit sehr verschieden sind. Bei den nachstehenden Messungen war die Zinkplatte immer $\frac{5}{6}$ Lin. von dem Thoncylinder entfernt. Durch diese Einrichtung wurde wenigstens die Gleichheit der Dimensionen in den verschiedenen Systemen der zweierlei Flüssigkeiten aufrecht erhalten; und darauf allein kam es mir hier an.

Ich lasse nun die Messungen folgen, der besseren Uebersicht wegen in einer anderen als der ursprünglichen Ordnung, und füge noch hinzu, dafs die Widerstände dabei in Zollen eines Neusilberdrahts von $\frac{1}{6}$ Lin. Par. angegeben sind.

1) Annalen, Bd. LII S. 509.

Zeit.	Aufserwesentlicher Widerstand.	Stromstärke.	Wesentlicher Widerstand.	Elektromotorische Kraft [1]).
I. Schwefelsäure — Salpetersäure.				
a) Zink, amalg. — Kohle.				
12h 3'	26,27	*sin* 40° 17'	6,30	21,06
5	36,27	29 39		
b) Zink, amalg. — Platin.				
10h 21'	36,27	*sin* 31° 1'	5,04	21,29
24	26,27	42 50		
II. Schwefelsäure — Chromsäure.				
a) Zink, amalg. — Kohle.				
11h 6'	26,27	*sin* 40° 6'	12,28	21,61
38	36,27	26 26		
40	26,27	34 6		
b) Zink, amalg. — Platin.				
10h 1'	26,27	*sin* 22° 50'	8,30	13,42
3	36,27	17 31		
c) Zink, amalg. — Kupfer.				
10h 52'	36,27	*sin* 18° 3'	6,34	13,20
54	26,27	23 53		
III. Schwefelsäure — Kupfervitriollösung.				
Zink, amalg. — Kupfer.				
12h 33'	26,27	*sin* 19° 25'	14,72	13,63
35	36,27	15 30		

1) Um sich einen bestimmteren Begriff von den in dieser Spalte enthaltenen Zahlen zu machen, hat man zu bemerken, dafs, wenn die Widerstände solche Werthe hätten, dafs sie durch dieselben Zahlen ausgedrückt werden müfsten, alsdann alle Stromstärken nothwendig gleich Eins würden. Diese Stromstärke, die also in der Sinusbussole eine Ablenkung von 90° hervorbringen würde, ist für mein Instrument und das dabei für gewöhnlich angewandte Verhältnifs der Zweigdrähte eine solche, dafs sie in einer Minute 14,54 Kubikcentimeter Knallgas, reducirt auf 0m,76 und 0°, aus dem Wasser entwikkeln würde. Diese Bestimmung, die nach einer noch nicht beschriebenen Methode theils mittelst der Wasserzersetzung, theils, was ich für genauer halte, mittelst der Fällung von Silber, vor längerer Zeit gemacht wurde, gilt zwar nicht in aller Strenge für den jetzigen Zustand des

Wie schon früher erwähnt, ist die Constanz aller solcher Ketten keine absolute; vielmehr nimmt bei den guten von ihnen die Stromstärke, vom Moment der Schliefsung an, eine mehr oder weniger lange Zeit zu, bis sie dann auf einen Zustand gelangt, der als constant anzusehen ist, da er sich, ohne alle künstliche Mittel, wenigstens Stunden lang gleichförmig erhält. Daher wurden dann auch hier mehr Messungen angestellt, als angeführt sind, und die Bestimmung der Constanten nicht eher vorgenommen als bis dieser feste Zustand erreicht zu seyn schien. Alle oben angeführten Combinationen waren in diesem Sinne constant, mit Ausnahme der von Kohle in Chromsäure, deren Strom von Anfang an einen abnehmenden Gang zeigte, wie diefs aus der ersten Messung, die ich dieserhalb hinzugefügt, deutlich erhellen wird. Die bei dieser Combination gemachte Bestimmung kann daher nur für eine ungefähre gelten.

Vergleicht man nun weiter die mit der Salpetersäure und der Chromsäure erhaltenen Zahlen, so ergeben sich folgende Resultate:

1) Für die Kohle ist die elektromotorische Kraft in beiden Säuren sehr stark und so ziemlich gleich, in der Chromsäure sogar etwas gröfser; allein, abgesehen davon, dafs mit der letzteren Flüssigkeit der Strom, und wahrscheinlich auch die Kraft, inconstant ist, zeigt sich dabei zugleich der wesentliche Widerstand fast doppelt so grofs als bei der Salpetersäure. Beide Umstände haben, wie ich vermuthe, darin ihren Grund, dafs sich, ungeachtet des angewandten Verhältnisses von Schwefelsäure, Chromoxyd in den Poren der Kohle abscheidet.

2) Mit Platin ist die Kraft bei der Chromsäure nur etwa zwei Drittel von der bei der Salpetersäure, ungeachtet diese absichtlich von keiner gröfseren Concentration genommen ward als sie in dem Acidum nitricum

Instruments, da seitdem kleine Aenderungen mit demselben vorgenommen wurden; sie ist indefs noch mit grofser Annäherung richtig.

crudum der Droguisten besitzt. Die Kraft ist nicht viel gröfser als die, welche das Kupfer mit der Chromsäure entwickelt, und steht sogar der etwas nach, welche dasselbe Metall mit Hülfe von Kupfervitriollösung liefert.

Dieser Umstand scheint mir merkwürdig. Man ist auf die Anwendung der Chromsäure verfallen, weil sie sehr leicht Sauerstoff abgiebt, und demnach, durch Wirkung des Stroms, an der negativen Platte entweder vor dem Wasser reducirt wird, oder, wenn es nachher geschieht, doch den frei werdenden Wasserstoff im Entstehungszustand sogleich wieder oxydirt. Der Unterdrükkung des Wasserstoffs, die in beiden Fällen gleich vollständig ist, so wie der verhinderten Ablagerung anderer schädlichen Stoffe auf die negative Platte, schreiben die Anhänger der chemischen Theorie die grofse Wirksamkeit dieser und ähnlicher Flüssigkeiten zu. Allein, wenn diefs der einzige Dienst wäre, den dergleichen Flüssigkeiten in der Volta'schen Säule zu versehen hätten, so sollte man meinen, müfste eine jede von ihnen unter sonst gleichen Umständen eine gleich grofse elektromotorische Kraft entwickeln.

Dem ist aber nicht so. Schon früher habe ich einmal bemerkt [1]), dafs Chlorplatinlösung, statt Salpetersäure angewandt, mit Platin lange nicht die Kraft entfaltet wie letztere Flüssigkeit, obwohl die Wasserstoffentwicklung von beiden gleich vollständig verhindert wird. In diesem Falle könnte man vielleicht sagen, die Verschiedenheit rühre davon her, dafs die Schwefelsäure, welche in beiden Combinationen das Zink aufnahm und die zweite Flüssigkeit berührte, eine andere Verwandtschaft oder sonstige Relation zur Platinlösung als zur Salpetersäure habe. Allein diese Ausflucht ist im gegenwärtigen Falle nicht mehr gestattet.

Hier sehen wir nämlich die Chromsäure mit Platin nicht nur eine bedeutend geringere Kraft entwickeln als

1) Annalen, Bd. LIII S. 344.

die Salpetersäure mit Platin, sondern auch eine eben so geringe im Vergleich zu der, welche sie selbst mit Kohle darbietet, obwohl in beiden Fällen, die andere Flüssigkeit dieselbe, Schwefelsäure, war. Der schwache, an der Kohle stattfindende rein chemische Procefs kann ebenfalls nicht zur Erklärung dienen, denn dieser, die negative Platte oxydirende und die Flüssigkeit reducirende Procefs müfste, der chemischen Theorie zufolge, die Kraft der Combination von Zink und Kohle nicht verstärken, sondern schwächen, schwächer machen als die von Zink-Platin, deren negatives Element keine solche Oxydation erfährt. Es bleibt also nichts anders übrig als die Erklärung, welche die Anhänger der Contacttheorie immer aufgestellt haben, und, wie mir scheint, durch das Obige eine neue Bestätigung erlangt, dafs die Flüssigkeiten die Fähigkeit haben, die elektrische Relation der Metalle und anderen starren Leiter auf eine uns noch unbekannte Weise in sehr verschiedenem Grade zu modificiren.

Was nun den Werth der Chromsäure zu galvanischem Behufe anlangt, so geht aus den obigen Messungen hervor, dafs unter den drei mit ihr gemachten Combinationen die mit Platin die unvortheilhafteste ist. Besser sind offenbar die beiden andern: die mit Kohle, weil sie, wenn auch keinen constanten, doch auf längere Zeit den relativ stärksten Strom liefert, und die mit Kupfer, weil deren Strom constant ist, und zugleich, selbst noch bei beträchtlichen Widerständen, bedeutend stärker als der mit Platin.

Aber in allen diesen Combinationen bleibt die Chromsäure, was Stärke oder Beständigkeit des Stroms betrifft, weit hinter der Salpetersäure zurück, und sie bietet gegen diese keinen andern Vortheil dar, als dafs bei ihrer Anwendung die salpetrigsauren Dämpfe wegfallen, die allerdings in engen Räumen sehr lästig werden können. Zwar läfst sich dieser Uebelstand sehr mäfsigen, wenn man die Salpetersäure nicht concentrirter als vom spec.

Schliefslich will ich noch erwähnen, dafs ich auch eine Kette aus amalgamirtem Zink, Kupfer und blofser Chromflüssigkeit von angegebener Dichte construirt habe, in der Hoffnung, dafs diese Combination das Problem eines constanten Stroms mit *Einer* Flüssigkeit lösen würde, wozu sie einige Aussicht zu geben schien. Allein meine Hoffnung ward nicht erfüllt, wie folgende Messungen zeigen werden, bei denen Gröfse, Abstand und Eintauchung der Platten die früheren waren.

Zeit.	Aufserwesentlicher Widerstand.	Stromstärke.	Wesentlicher Widerstand.	Elektromotorische Kraft.
9h 15′	26,27	sin 27° 4		
17	26,27	26 50		
23	26,27	26 13	5,07	13,84
25	36,27	19 34		
38	26,27	23 14		
41	26,27	22 14		

Der Strom war also ein abnehmender, und zwar ein mit der Zeit steigend abnehmender. Ich glaube daher, dafs die Abnahme nicht aus einer Polarisation entsprang, da eine solche wegen des Angriffs der Chromsäure auf das Kupfer wohl nicht oder nicht in merklichem Grade statt haben konnte, und auch, wenn sie stattgehabt hätte, nach Analogie aus sonst bekannten Thatsachen zu schliefsen, eine Verlangsamung der Abnahme bewirkt haben würde. Ich glaube vielmehr, dafs die Unbeständigkeit des Stroms in der raschen Zersetzung der Chromflüssigkeit begründet war, einer Zersetzung, die durch die leichte Auflöslichkeit des Zinks in dieser Säure hervorgerufen wird, und, bei Gegenwart dieses Metalls, auch ohne galvanische Action so lebhaft ist, dafs sie, zugleich wegen der fehlenden Gasentwicklung, eine ungemein starke Wärmeentbindung zur Folge hat. Schon dieser grofse Verlust an Zink macht diese Combination nicht practisch; allein in theoretischer Hinsicht bleibt sie

doch interessant, denn einen so starken Strom wie den ihrigen, der, wie man sieht, den der Daniell'schen Kette bedeutend übertrifft, besonders bei kleinen Widerständen, hat man bisher noch nicht mit *Einer* Flüssigkeit hervorgebracht. Eine stete Erneuung der Chromlösung, bei etwas geringerer Concentration als die angewandte, verliehe ihrem Strom vielleicht auch die fehlende Beständigkeit.

VII. *Zur Galvanometrie; von Prof.* Petrina.

Ich habe vor zwei Jahren in v. Holger's Zeitschrift, Bd. I, eine Methode beschrieben, nach der man empfindliche Galvanometer graduiren, und elektrische Ströme beliebiger Gröſse auf die leichteste Weise messen und vergleichen kann.

Diese Methode besteht kurz in Folgendem. Nimmt man eine Quecksilberrinne von 4 Quadratlinien Querschnitt, läſst durch sie einen elektrischen Strom gehen, nimmt die Drahtenden eines empfindlichen Galvanometers, und taucht sie in die Rinne in verschiedenen Entfernungen von einander ein, so bekommt man im Galvanometer Ströme, deren Gröſsen sich zu einander verhalten, wie die respectiven Entfernungen der Drahtenden.

Diese Behauptung wurde im Bd. LVI S. 328 dieser Annalen in Abrede gestellt, und meine Methode nicht allgemein anempfohlen, weil sie nur dann eine Annäherung gewähren soll, wenn der Widerstand der Quecksilberrinne zwischen den Drahtenden des Galvanometers gegen den der Kette und des Galvanometers sehr klein ist.

Es sey mir erlaubt in der Kürze zu zeigen, in wiefern sich meine Methode, im schlimmsten Falle, von der mathematischen Wahrheit entfernt, damit nicht Jemand durch jene Bemerkung zu seinem Nachtheile abgehalten

würde von dieser so vortheilhaften Methode einen Gebrauch zu machen.

Setzt man den Widerstand des Quecksilbers zwischen den Drahtenden bei der Einheitsentfernung $=r$, den Widerstand der Kette bis zu dieser Nebenschliefsung $=r'$, und den des Galvanometers $=r''$, so bekommt man nach der Ohm'schen Theorie eine Stromgröfse q im Galvanometer:

$$q=\frac{kr}{r'(r+r'')+rr''},$$

wenn k die elektromotorische Kraft vorstellt.

Verschiebt man jetzt die Drahtenden, so hat man dadurch sowohl den Widerstand r als r' geändert, und zwar hat man r' um eben so viel vermindert um wie viel r vergröfsert worden ist, da nach meiner Angabe die Drahtenden der Elektricitätsquelle in die Endpunkte der ganzen Quecksilberrinne eintauchen. Für diesen zweiten Fall ist die Stromgröfse Q im Galvanometer:

$$Q=\frac{k(r+w)}{(r'-w)(r+w+r'')+(r+w)r''},$$

$$=\frac{k(r+w)}{r'(r+r'')+rr''+w(r'-(r+w))},$$

wenn überdiefs w die Gröfse vorstellt, um welche die Entfernung der Drahtenden zugenommen hat.

Das Verhältnifs dieser zwei Ströme ist:

$$\frac{q}{Q}=\frac{r[r'(r+r'')+rr''+w(r'-(r+w))]}{(r+w)[r'(r+r'')+rr'']}$$

$$=\frac{r}{r+w}\cdot\left[1+\frac{w(r'-(r+w))}{r'(r+r'')+rr''}\right].$$

Aus dieser Formel erhellt, dafs meine Behauptung die mathematische Richtigkeit hat, wenn

$$\frac{w(r'-(r+w))}{r'(r+r'')+rr''}=0,$$

oder wenn $r'=r+w$ ist.

In diesem Falle wäre sogar meine Methode von dem Widerstande des Galvanometers unabhängig. In jedem an-

andern Falle begeht man einen Fehler, der jedoch mit w schnell abnimmt, und bei einem bedeutenden Widerstande des Galvanometers, für jede Kette, selbst im ungünstigsten Falle, so klein wird, dafs er weit innerhalb der Gränze der Beobachtungfehler liegt. Folgende Beispiele mögen dieses bestätigen.

Bei Wiederholung und Prüfung meiner Versuche bediente ich mich eines Galvanometers, dessen Gewinde 100 Fufs eines 0''',2 im Durchmesser haltenden Kupferdrahtes enthielt. Seiner grofsen Empfindlichkeit wegen habe ich ihm noch 3000' eben solchen Drahtes zugesetzt, und dann durch ihn den Strom von einem thermoelektrischen Elemente, dessen Löthstelle ich in der Hand eingeschlossen hielt, unmittelbar durchgeleitet. Die äufsere Temperatur war 20° und die der Hand 28° R. Die Nadel zeigte 3°,5. Denselben Ausschlag gab mir ein Grove'sches Element als die Drahtenden 0'',1 in der Rinne auseinanderstanden. Bei 9'' Entfernung zeigte die Nadel 77¾°, und bei 10'' Entfernung, die in jedem Falle hinreicht, 78¾°. Der Widerstand des Elementes sammt den Stücken bis zur ersten Nebenschliefsung betrug nur 2' des obigen Drahtes.

Nimmt man den Strom, den die erste Nebenschliefsung gab, als Einheit an, und reducirt die Widerstände des Galvanometers und Elementes auf den von 0'',1 Quecksilberrinne, so verhalten sich diese wie 1 : 1055 : 1635250.

Sucht man nun das Verhältnifs der Stromgröfsen des Galvanometers bei 0'',1 und 10'' Entfernung seiner Drahtenden, so hat man in die obige Formel zu setzen $r=1$, $r'=1055$, $w=99$ und $r''=1635250$. Die Rechnung giebt $q : Q = 1 : 99{,}995$, statt, wie ich behauptete, 1 : 100. Da ein Grad des Galvanometers bei 10 Zoll Entfernung seiner Drahtenden 10 Einheiten enthält, so fallen auf die letzte Einheit nicht ganze 6 Minuten, und da meine Methode um 0,005 einer Einheit zu viel angiebt, so beträgt

der Fehler im Ausschlag nur 1,8 Secunde, eine Gröfse, die weit unter der Möglichkeit der Ablesbarkeit liegt.

Gesetzt, Jemand hätte einen Multiplicator mit 100 Fufs solchen Drahtes, und nur so wenig empfindlich, dafs er ohne eine Einschaltung auch nur denselben Ausschlag geben würde, so müfste man in die Formel setzen $r''=52750$. In diesem Falle giebt die Rechnung das Verhältnifs 1 : 99,83, statt 1 : 100, also entstünde hier ein Fehler von nicht ganz 0,17 der Einheit, hiemit im Ausschlag nur um eine Minute, — eine Gröfse, die noch innerhalb der Gränzen der feinsten Beobachtungsfehler liegt.

Aus obiger Formel läfst sich leicht finden wie weit man r'' herabsetzen könnte, ohne noch einen merklichen Fehler zu begehen, und dafs mit angebrachter Verbesserung jeder Multiplicator dazu verwendet werden könnte.

Da sich auf diese Art bei einem und demselben Ausschlag der Nadel die Stromgröfsen zweier beliebigen Ketten verhalten wie umgekehrt die Entfernungen der Drahtenden eines empfindlichen, bedeutenden Widerstand leistenden Galvanometers, so kann man ihr Verhältnifs auf das Genaueste, und die leichteste Weise angeben. Bei dem Vergleiche von sehr grofsen Strömen kann man die Rinne vergröfsern, und zwar mit Vortheil, weil man dadurch nicht nur an Genauigkeit gewinnt, sondern auch den sonst so störenden Einflufs einer bedeutenden Erwärmung beseitigt. Auf diesen Theil meiner Methode lege ich das meiste Gewicht, und erlaube mir darauf insbesondere aufmerksam zu machen.

Da nun diese Methode mit einem jeden empfindlichen Galvanometer von bedeutendem Widerstande die genauesten Messungen zuläfst, bei Ketten jeder Art und Gröfse anwendbar ist, keine kostspieligen Vorrichtungen und Apparate erfordert, und von einem Jeden, selbst einem Anfänger, auf die leichteste Weise ausgeführt wer-

den kann, so glaube ich, dafs sie allgemein beachtet und anempfohlen zu werden verdient [1]).

Linz, am 22. Aug. 1842.

VIII. *Untersuchungen über die Ausdehnung der Gase; zweite Abhandlung; von Herrn V. Regnault.*

(*Annales de chimie et de physique*, Ser. *III T. V p.* 52.)

In meiner ersten Abhandlung beschäftigte ich mich mit der Bestimmung der Ausdehnungs-Coëfficienten der Luft

1) Ich bin allerdings der Methode des Hrn. Verfassers etwas zu nahe getreten; meine Bemerkung über Anwendbarkeit derselben ist zwar im Ganzen richtig, und in sofern auch nicht überflüssig gewesen, als sie die Bedingung dazu zuerst hervorgehoben hat, aber es fällt ihr zur Last, es übersehen zu haben, dafs sich, wegen der grofsen Empfindlichkeit, welche die Galvanometer für gewöhnlich besitzen, diese Bedingung durch Einschaltung eines fremden Widerstands mit einem hinreichenden Grad von Annäherung erfüllen läfst. Für solche Instrumente, gebe ich also gern zu, entspricht die Methode des Hrn. Verf. vollkommen ihrem Zweck; ja sie gewährt noch den Vortheil, dafs die Nadel nicht centrisch aufgehängt zu seyn, oder wirklich mit dem magnetischen Meridian den am Limbus abgelesenen Winkel zu machen braucht. Dagegen würde sie auf Instrumente, die nur einen kleinen Widerstad und zugleich einen geringen Grad von Empfindlichkeit darbieten, nicht füglich anwendbar seyn, weil man genöthigt wäre, Ströme von sehr bedeutender Kraft zu Hülfe zu nehmen. Auch kann ich ihr in der Ausführung nicht gerade den Vorzug einer grofsen Einfachheit zuerkennen; sie erfordert zwei Hülfsapparate: eine grofse Drahtlänge und eine Quecksilberrinne (oder besser dicke Kupferstange) mit einer geradlinigen Theilung. Die von mir beschriebene Methode bedarf deren nicht; sie graduirt das Instrument durch sich selbst; überdiefs ist sie leicht ausführbar, dabei streng unabhängig von aller Theorie des Galvanismus, und ganz allgemein, da sie auf Instrumente von jeder Construction, vorausgesetzt nur, dafs sich das Drahtgewinde drehen lasse, gleich gut angewandt werden kann.

P.

und einiger anderen Gase, zwischen den festen Thermometerpunkten und unter Drucken, die wenig von dem der Atmosphäre verschieden waren [1]). Die ziemlich mannigfaltigen Verfahrungsarten hatten im Ganzen das gemein, dafs die Ausdehnungen nicht geradezu gemessen, sondern aus den Aenderungen der Spannkraft berechnet wurden. In dieser zweiten Abhandlung beabsichtige ich:

1) Diese ersten Untersuchungen zu vervollständigen und die Ausdehnung der Gase zwischen denselben Temperatur-Gränzen, aber unter sehr verschiedenen Drucken zu studiren, und zwar durch analoge, d. h. solche Methoden, die gegründet sind auf die Aenderungen der Spannkraft eines und desselben Gasvolums bei Erhöhung der Temperatur von 0° auf 100°.

2) Denselben Gegenstand direct zu behandeln, mittelst einer ganz anderen Methode, bei welcher die Volumsvergröfserung einer und derselben Gasmasse unter constantem Druck für einen Temperaturunterschied von 0° bis 100° unmittelbar gemessen wird.

Erster Theil. Von der Ausdehnung der Gase unter verschiedenen Drucken, berechnet aus der Aenderung der Spannkräfte.

Gemeiniglich nehmen die Physiker an, dafs, zwischen gleichen Temperatur-Gränzen, die Ausdehnung der Gase constant sey, welchem Druck sie auch unterworfen seyn mögen; dafs sie folglich ganz unabhängig sey von der ursprünglichen Dichte. Es ist indefs schwierig, recht bündige Versuche anzuführen, auf welche sich dieses Gesetz stütze. Mehre Beobachter, die unter verschiedenem barometrischen Druck einen gleichen Werth für den Ausdehnungs-Coëfficienten der Luft erhielten, schlossen daraus, der Coëfficient der Gase bleibe für alle Drucke gleich. Allein die Barometerschwankungen an einem und demselben Ort bleiben zwischen zu engen

1) Diese Annalen, Bd. LV S. 391 und 557.

Gränzen, als dafs es erlaubt wäre, aus dieser Beobachtung einen so allgemeinen Schlufs zu ziehen. Sie beweist nur, dafs die Aenderungen des Ausdehnungs-Coëfficienten der Luft für sehr schwache Druckänderungen unmerklich sind.

H. Davy ist der einzige Physiker, der die Ausdehnung der Luft unter sehr verschiedenen Drucken studirt hat [1]). Er giebt an, bei Luft von den Dichten $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$, 1 und 2 die nämliche Ausdehnung gefunden zu haben. Allein die Versuche wurden nicht nach einem so feinen Verfahren angestellt, dafs man ihre Resultate als hinreichend genau betrachten könnte.

Ich habe die Versuche mit der Luft sowohl unter schwächerem als unter weit stärkerem Druck als der atmosphärische angestellt.

Versuche unter schwächeren Drucken als der gewöhnliche barometrische.

Diese Versuche wurden nach dem Verfahren No. IV (Ann. Bd. LV S. 558) ausgeführt und mittelst des Apparats Fig. 1 und 2 Taf. V daselbst; nur war der Röhre *FGH* eine gröfsere Höhe gegeben, etwa 770 Millimet. von der Tubulatur *H* an bis zum Zeichen α.

Nachdem der Ballon in den Dampf des siedenden Wassers gebracht, und einerseits mittelst des Seitenrohrs *op* mit dem Trockenapparat, andererseits mit dem an seine Kupfertubulatur *n* gekitteten Rohr *FGH* verbunden worden, wurde er vielmals ausgepumpt und die Luft jedesmal langsam wieder hineingelassen. Die Röhren *FH* und *IJ* enthielten eine solche Menge Quecksilber, dafs der Ballon luftleer gemacht werden konnte, ohne dafs das Quecksilber in der Röhre *FH* über *F* stieg. Nach vollständiger Austrocknung des Apparats liefs man die zum Versuch erforderliche Luftmenge eintreten, bestimmte deren Dichte aus dem Niveau-Unterschiede der beiden Queck-

1) *Philosoph. Transact.* 1823, *T. II p.* 204.

silbersäulen, schlofs das Seitenrohr *op* vor der Lampe und nahm den Trockenapparat fort.

Durch Eingiefsen von Quecksilber in die Röhre *IJ* brachte man das Niveau in der Röhre *FH* an den Strich α, während der Ballon immer im Dampf des siedenden Wassers sich befand. Man nahm mit dem Kathetometer den Niveau-Unterschied beider Säulen und zeichnete zugleich den Barometerstand auf.

Hierauf nahm man den Ofen *O* fort, liefs das heifse Wasser zum Gefäfs *M* herauslaufen, und, wenn dieses vollständig erkaltet war, umgab man den Ballon mit zerstofsenem Eise. Durch Oeffnen des Hahns *K* liefs man Quecksilber abfliefsen, um das Niveau desselben auf dem Strich α in der Röhre *FH* zu erhalten. Nachdem das Temperatur-Gleichgewicht wiederum hergestellt worden, maafs man den Niveau-Unterschied der Quecksilbersäule und die Barometerhöhe.

Solchergestalt machte man mit einer selben Luftmasse mehre Versuche, indem man den Ballon abwechselnd mit Dampf von siedendem Wasser und mit Eis umgab. Zuweilen wurden sie in Zwischenräumen von mehren Tagen angestellt, und sonach war leicht zu erkennen, ob der Apparat vollkommen gasdicht hielt.

Die unter schwächeren Druck als der atmosphärische angestellten Versuche stelle ich in einer einzigen Tafel zusammen; diejenigen von ihnen, die mit einer selben Luftmasse ausgeführt wurden, sind in einer selben Reihe befindlich.

Ich bediente mich des zu meinen ersten Versuchen angewandten Ballons (Annal. Bd. LV S. 561); allein die Röhre *FH* des älteren Apparats war bei den Versuchen II, III, IV und V durch eine andere von gröfserer Höhe ersetzt.

Für die Reihe I hat man:

$$\frac{v}{V}=\frac{26{,}85}{9889{,}9}=0{,}00272;$$

für die Reihen II, III, IV und V:

$$\frac{v}{V} = \frac{29,0}{9889,9} = 0,00293.$$

Zur Berechnung der Versuche diente die folgende Formel: Es sey, für die Zeit, da der Ballon im Wasserdampf steht, H' der Barometerstand, T die Temperatur des Wasserdampfs, h' der Niveau-Unterschied der Quecksilbersäulen, t' die Temperatur des kleinen Luftvolums v; ferner für die Zeit, da der Ballon mit Eis umgeben ist, H, h, t die entsprechenden Gröfsen. Dann hat man:

$$1+\alpha T = \frac{(H'-h')(1+\delta T)}{(H-h)-\frac{v}{V}\cdot\frac{1}{1+\alpha t}[H'-h'-H+h]},$$

Man setzte $t'=t$, und reducirte die Höhen H, h, H', h' auf 0°.

Nummer der Versuchsreihe.	H.	t.	h.	$H-h$.	H'.	T'.
	mm.		mm.	mm.	mm.	
I.	763,68	9°,4	388,48	375,20	763,94	100°,14
	763,63	11 ,4	338,36	375,27	763,54	100 ,13
II.	764,79	11 ,9	390,12	374,67	764,89	100 ,18
	764,79	11 ,9	390,12	374,67	767,79	100 ,29
III.	757,47	8 ,2	491,32	266,15	757,52	99 ,90
	756,88	9 ,3	490,91	265,97	756,53	99 ,87
IV.	756,13	9 ,3	581,70	174,43	756,13	99 ,85
	756,13	9 ,3	581,70	174,43	756,04	99 ,85
	760,56	6 ,6	586,35	174,21	760,91	100 ,04
V.	761,14	8 ,3	651,50	109,64	761,14	100 ,04
	761,19	7 ,6	651,49	109,70	760,92	100 ,03
	761,18	8 ,8	651,55	109,63	761,09	100 ,04
	761,24	8 ,6	651,61	109,63	761,14	100 ,04
	765,87	8 ,8	656,08	109,79	765,57	100 ,21
	765,82	9 ,2	656,07	109,75	765,64	100 ,21
	765,87	8 ,8	656,08	109,79	765,64	100 ,21
	765,82	9 ,2	656,07	109,75	765,57	100 ,21
	765,87	8 ,8	656,08	109,79	765,64	100 ,21
	765,82	9 ,2	656,07	109,75	765,64	100 ,21

Nummer der Versuchsreihe.	t'.	h'.	$H'-h'$.	$1+100\,\alpha$.	Mittel.
		mm.	mm.		
I.	13°,5	252,89	511,05	1,36605	
	12 ,5	252,65	510,89	1,36540	1,36572
II.	12 ,8	254,53	510,36	1,36609	
	9 ,4	257,44	510,35	1,36566	1,36587
III.	8 ,8	395,47	362,05	1,36525	
	10 ,7	394,66	361,87	1,36560	1,36542
IV.	10 ,4	518,98	237,15	1,36469	
	10 ,0	518,86	237,18	1,36487	
	7 ,8	523,74	237,17	1,36583	1,36513
V.	8 ,6	611,81	149,33	1,36639	
	9 ,5	611,71	149,21	1,36459	
	9 ,9	611,89	149,20	1,36535	
	9 ,9	611,92	149,21	1,36554	
	9 ,0	616,18	149,39	1,36448	
	9 ,6	616,33	149,31	1,36425	
	9 ,6	616,33	149,31	1,36376	
	9 ,0	616,18	149,39	1,36498	
	11 ,9	616,28	149,36	1,36421	
	11 ,9	616,28	149,36	1,36471	1,36482

Bei Berechnung der Versuche combinirte man oft die nämliche Bestimmung im schmelzenden Eise mit mehren vor- und nachher im Wasserdampf gemachten Bestimmungen, um die extremen Werthe zu erhalten.

Die Tafel zeigt deutlich, daſs der Ausdehnungs-Coëfficient der Luft mit dem Druck ein abnehmender ist.

Es ist gut zu bemerken, daſs bei den partiellen, mit einer selben Luftmasse angestellten Versuchen gröſsere Unterschiede vorkommen als bei denen, die unter atmosphärischen Druck gemacht sind. So in der Reihe V, welche die unter dem schwächsten Druck gemachten Versuche einschlieſst, sind die Extreme 1,36376 und 1,36639, also deren Unterschied 0,00263. Der Grund hievon ist einfach; ein gleicher Fehler in einer der Höhen H, H', h oder h' bewirkt nothwendig desto beträchtlichere Un-

terschiede in dem Endresultate als die Drucke schwächer sind. Nur durch eine große Zahl von Bestimmungen, so combinirt, daſs sie die äuſsersten Werthe ergeben müssen, war es möglich das genannte Gesetz zur Deutlichkeit zu bringen.

Versuche unter stärkerem Druck als der gewöhnliche barometrische.

Der Apparat Fig. 1 und 2 Taf. V Bd. LV eignet sich sehr gut zu Versuchen unter stärkerem Druck als der atmosphärische Druck, wenn man ihn folgendermaſsen abändert.

Die Röhre *IJ* wird ersetzt durch eine viel längere, die an einer festen Wand angeheftet ist. Statt der geraden Seitenröhre *op* kittet man in die Tubulatur *o* eine Röhre von der Form Fig. 1 Taf. I, bestehend aus einer gekrümmten Haarröhre *abc* (deren Theil *ab* eine horizontale Lage einnimmt), und einer daran geschmolzenen weiteren Röhre *cd*, die senkrecht steht. Diese letztere Röhre wird in Verbindung gesetzt mit einer dicken Röhre *LL'*, die Bimstein, getränkt mit concentrirter Schwefelsäure, enthält; zu dem Ende vereinigt man die beiden Enden der Röhren unter einer selben kleinen Hülse von Kupfer, die man ganz mit Kitt bekleidet. Die Röhre *LL'* kann mittelst Kautschuck mit einer kleinen Saugpumpe verbunden, oder in die Tubulatur *t* einer Druckpumpe eingekittet werden. — In die Röhre *cd* brachte man mehre Mastix- (Siegellack-) kügelchen (*boulettes de Mastic*).

Ist nun hierauf der Ballon im Dampf des siedenden Wassers befindlich, so pumpt man ihn vielmals aus, um den Apparat vollständig zu trocknen, ersetzt dann die Saugpumpe durch eine Druckpumpe, und treibt langsam trockne Luft in den Ballon, während man zugleich Quecksilber in die Röhre *IJ* gieſst. Zwischen je zwei Kolbenstöſsen läſst man mehre Minuten verstreichen, damit die Luft, ehe sie in den Ballon tritt, einige Zeit mit

dem schwefelsauren Bimstein in Berührung bleibe [1]). Sieht man aus dem Höhenunterschied der Quecksilbersäulen, daſs die Luft in dem Ballon die beabsichtigte Dichte besitzt, so schmilzt man vor der Weingeistlampe die kleinen in der Röhre *cd* befindlichen Mastixkügelchen; zugleich öffnet man den Hahn *K* ein wenig; das ausflieſsende Quecksilber vermindert den Druck im Innern, genugsam, damit eine kleine Säule des geschmolzenen Mastix in das Haarröhrchen *cb* trete und daselbst gestehe. Zu demselben Resultat gelangt man offenbar, wenn man mit der Druckpumpe eine neue Menge Luft hineintreibt. Nach Erkaltung des Mastix ist der Apparat bei *c* hermetisch verschlossen; dann kann man die Röhre *LL'* und die Compressionspumpe fortnehmen.

Der Versuch macht sich wie gewöhnlich. Nur kann man, da die zu messenden Säulen sehr lang sind, nicht mit einem einzigen Kathetometer ausreichen. Ich habe zu diesen Versuchen zwei Kathetometer zugleich angewandt, jedes von 1 Meter Lauf. Das eine dieser Instrumente diente zur Bestimmung der Tiefe des Meniskus in der Röhre *FH* unterhalb eines Punktes *r*, der auf der Röhre *IJ* etwa 800 Millimeter über dem Strich *α* befindlich war. Das andere Kathetometer, auf einer sehr festen Unterlage stehend, welche der Beobachter nicht betrat, diente zur Messung der Entfernung des Meniskus in der Röhre *IJ* von einem anderen, auf derselben Röhre befindlichen Merkpunkt *r'*. War der Abstand *rr'* gröſser als 1 Meter, so brachte man in dem Zwischenraum auf derselben Röhre andere Merkpunkte, etwa in Ab-

1) Für die Versuche unter hohem Druck ist es noch nöthiger als für die unter schwachem, daſs die in den Ballon getriebene Luft vollkommen trocken sey. Um dieſs mit Sicherheit zu erreichen, hatte man an die Tubulatur *t'* der Druckpumpe ein zweites Rohr mit schwefelsaurem Bimstein angelegt, so daſs die eingesogene Luft schon recht trocken in der Pumpe anlangte.

ständen von 900 Millimeter an. Alle diese Abstände wurden mittelst der Kathetometer mit gröfster Sorgfalt bestimmt, erst vor Anfang jedes Versuchs und dann nach Beendigung desselben.

Der Meniskus in der Röhre *FH* wurde bei jedem Versuch beinahe mit dem Strich α auf dieser Röhre in Niveau gebracht, doch, da es schwieriger ist so lange Quecksilbersäulen zu ajustiren, doch nicht vollkommen, sondern nur angenähert, und dabei zog ich, nach der Lage des Meniskus gegen den Strich α, die kleine Aenderung des Volums v in Rechnung, was durch eine vorherige Aichung der Röhre leicht gethan war.

Die Quecksilbersäule war durch eine Wand von mehrfachen Brettern vor der Strahlung des Ofens geschützt, und man bestimmte ihre Temperatur mittelst drei an verschiedenen Punkten ihrer Höhe angebrachter Thermometer mit sehr grofsen Behältern. Das Mittel der Angaben dieser Thermometer wurde als Temperatur der Quecksilbersäule angenommen.

Mittelst des so eingerichteten Apparats konnte ich Versuche bis zum Druck von etwa vier Atmosphären anstellen. Der Ballon war nicht mehr der, welcher zu den früheren Beobachtungen diente, da dieser zu dünn in Glas war, und vermuthlich so beträchtlichen Drucken nicht widerstanden haben würde. Ich wählte einen Ballon von etwas dickerem Glase und einem kleineren Durchmesser; er fafste 6786,5 Grm. Quecksilber bei 0°.

Für Beobachtungen unter bedeutenderen Drucken bedurfte es einer neuen Einrichtung. Glasröhren aus einem einzigen Stück konnte ich mir nicht länger als 3 Meter verschaffen, und es war überdiefs zu fürchten, dafs eine Glasröhre von gröfserer Länge nicht mehr den Druck aushalten, sondern unten bersten würde. Ich nahm zum folgenden Apparat (Fig. 1 Taf. I) meine Zuflucht.

Ein eisernes Rohr *TT'*, etwa 3 Meter lang, ist ein-

gelassen in die Tubulatur A eines eisernen Hahnstückes (Fig. 1. 2)[1]), und darin befestigt mittelst einer Bekleidung von eingefetteter Leinwand, die rings um die Röhre in den ringförmigen Raum ee durch eine hohle Schraube E eingezwängt wird.

Auf dieselbe Weise befestigt man in der zweiten Tubulatur B die Glasröhre FH. Das Eisenstück ABR ist wohl befestigt auf einem Stativ SS' an einer senkrechten Mauer. Die Eisenröhre ist vollkommen senkrecht aufgestellt; sie endigt oben in einer Tubulatur mit Schraube, in welche eine Glasröhre von etwa zwei Metern Länge eingelassen ist, mittelst einer Bekleidung von eingefetteter Leinwand und einer Schraubenmutter. Die Eisendrähte und die darauf stehende Glasröhre haben einen inneren Durchmesser von 14 bis 15 Millimetern.

Der Ballon und das ihn einschliefsende Gefäfs befinden sich in einem Nebenzimmer, das von dem ersten getrennt ist durch die Wand, an welcher die senkrechte Eisenröhre aufgestellt ist. Diese Wand hat ein Loch, durch welches man das Haarröhrchen des Ballons steckt, ehe es in der dreiarmigen Kupfertubulatur mno festgekittet wird. Die Seitentubulatur mo trägt das kleine gekrümmte Rohr $abcd$, welches das Mastixkügelchen enthält, und durch das mit schwefelsaurem Bimstein gefüllte Rohr LL' mit der Compressionspumpe in Gemeinschaft steht.

Der Versuch wird übrigens genau so wie mit dem ersten Apparat angestellt: man mifst die beiden Menisken mit den beiden Kathetometern. Das Instrument welches den Meniskus in der langen Säule verfolgt, befindet sich in einem oberen Stockwerk, durch dessen Fufsboden die Eisenröhre geht.

Die Röhren tragen in gewissen Abständen Merkzei-

1) Die Fig. 2 stellt das Stück ABR im senkrechten Durchschnitt vor, im doppelten Maafsstab von Fig. 1. Alle Figuren der früheren Abhandlung (Bd. LV) haben $\frac{1}{10}$ der wirklichen Gröfse; dasselbe gilt von den Figuren dieser, mit Ausnahme der Fig. 2 und 8 Taf. I, die $\frac{1}{5}$ haben.

chen, die mit gröfster Sorgfalt mittelst eines der Kathetometer bestimmt werden. Dieses ist zu dem Ende, so fest wie möglich, auf hohen Gestellen befestigt, die der Beobachter nicht besteigt. Die äufserst empfindliche Libelle des Kathetometers erlaubt überdiefs mit Leichtigkeit zu erkennen, ob die Bedingung der Festigkeit hinreichend erfüllt sey.

Quecksilberthermometer mit grofsen Behältern sind längs der Quecksilbersäule angebracht, und zeigen deren Temperaturen an.

Der zu diesen Versuchen dienende Ballon war von Krystallglas, und aus der Glashütte von Choisy-le-Roi. Seine Wanddicke betrug 3 Millimeter, und war an allen Stellen ziemlich gleich. Der Ausdehnungs-Coëfficient dieses Ballons ward bestimmt an einem anderen kleineren Ballon, der gleichzeitig aus demselben Material geblasen worden, und nahezu dieselbe Glasdicke besafs. Er fand sich von 0° bis 100° = 0,002130 [1]).

Der zu den Versuchen über die Ausdehnung des Glases angewandte Ballon, ohne den capillaren Stiel, fafste 5864grm.,45 Quecksilber bei 0°.

Eine letzte Angabe, die man kennen mufs, um die Ausdehnung der Luft aus den Versuchen zu berechnen, ist die Zunahme der Capacität des Ballons durch den Unterschied der Drucke, denen das Gas bei 0° und 100° ausgesetzt ist. Diese Zunahme würde auf eine vollkommen genaue Weise sehr schwierig zu bestimmen gewesen seyn; allein eine genäherte Schätzung ist leicht.

Zu dem Ende wurde der Ballon mit Wasser gefüllt, bis zu einem kleinen Abstande von dem Ende seines capillaren Stiels, und dieses Ende ward an eine krumme Glasröhre gekittet, deren langer aufrechter Arm offen war. Wenn man die Volumsänderungen unter schwachen Drucken

1) Die Data dieses Versuches waren

$P = 1265^{grm.},647$ $H_{,} = 763^{mm},50$

$p = 19\ ,783$ $T' = 100°,13.$

beobachten wollte, so gofs man Quecksilber in den offnen Arm. Die in dem zweiten Arm comprimirte Luft übte ihren Druck auf die Oberfläche des Wassers in dem Haarröhrchen. Man beurtheilte die Zunahme der Capacität des Ballons aus dem Gange des Wassermeniskus in dem Haarröhrchen und den Druck aus der Niveaudifferenz der Quecksilbersäulen. Der Ballon wurde eingetaucht erhalten in ein Gefäfs voll Wasser von der gewöhnlichen Temperatur, um die aus den Temperaturvariationen entspringenden Volumsänderungen unmerklich zu machen.

Folgendes sind einige Zahlen, erhalten mit dem Ballon, der zu den Vesuchen S. 119 und denen der ersten Abhandlung (Bd. LV S. 561) diente.

Unter einem Druck von:		nahm die Capacität zu:
$222^{mm},7$	Quecksilber	0,000054
436 ,5	- -	0,000103
687 ,8	- -	0,000160.

Man sieht, die Capacität wuchs proportional dem Druck; aber dieser Anwuchs ist so schwach, dafs man ihn bei den Versuchen, die unter dem atmosphärischen Druck über die Ausdehnung der Gase gemacht sind, vollständig vernachlässigen kann. In Wahrheit ist die Raumänderung des Ballons noch unbedeutender als sie angegeben ward, da bei dem eben beschriebenen Versuch die scheinbare Aenderung zusammengesetzt ist aus der Zunahme der Capacität des Ballons und der Compression des Wassers. Diese letztere habe ich vernachlässigt, und die beobachteten Resultate ganz der Volumsänderung des Ballons zugeschrieben.

Um die Zunahme der Capacität des Ballons unter beträchtlicheren Drucken zu studiren, liefs ich an einen Ballon von Krystallglas, ähnlich dem der Versuche S. 125, ein Capillarrohr von etwas starkem Kaliber schmelzen. Dieser Ballon wurde gänzlich mit Wasser gefüllt, und

verbunden mit der Compressionspumpe und einem kleinen Luftmanometer. Somit fand ich folgende Zahlen:

Unter einer Druckzunahme von:	änderte sich die Capacität:	Unter einer Druckzunahme von 1 Meter.
0^m,715	0,0000740	0,0001035
1 ,814	0,0001940	0,0001069
3 ,035	0,0003288	0,0001083
4 ,178	0,0004538	0,0001086

Wir werden 0,000108 für eine Druckzunahme von 1 Meter Quecksilber annehmen.

Um die Volumsvergröfserung des Ballons zu haben, mufs man den Betrag der Compression des Wassers unter 1 Met. Druck davon abziehen, nämlich, nach den HH. Colladon und Sturm, etwa 0,000064. Es bleibt also 0,000044 für die Vergröfserung des Ballons unter einer Druckzunahme von 1 Meter Quecksilber.

Um also die Berichtigung an unseren Versuchen zu vollziehen, genügt es dem Coëfficienten δT der Wärmeausdehnung des Ballons, die durch die Druckzunahme entstehende Ausdehnung hinzuzufügen, nämlich:

$$0{,}000044 \, . \, \frac{H' + h' - H - h}{1000} \, .$$

In den vorstehenden Versuchen bestimmte man die durch Druckzunahme erfolgende Volumsänderung des Ballons bei gewöhnlicher Temperatur; allein wir bedürfen derselben, um sie bei unseren Versuchen über die Ausdehnung der Gase in Rechnung zu ziehen, eigentlich bei der Temperatur 100°, und man kann einwerfen, dafs diese Aenderung bei 100° eine andere sey. Man wird indefs bemerken, dafs es sich hier um eine sehr kleine Berichtigung handelt, die sogar vernachlässigt werden kann, weil sie kaum die vierte Decimale des Ausdehnungscoëfficienten abändert. Mithin kann man, ohne Nachtheil, annehmen, dafs die Zusammendrückbarkeit des Glases bei 100° dieselbe wie bei gewöhnlicher Temperatur sey.

Die Formel, nach welcher die Versuche berechnet wurden, ist demnach die folgende: $1+\alpha T=$

$$\frac{(H'+h')\left\{1+\delta T+0{,}000044\frac{H'+h'-H-h}{10000}\right\}}{H+h+\frac{v}{V}\cdot\frac{1}{1+\alpha t}(H+h)-\frac{v'}{V}\cdot\frac{1}{1+\alpha t'}(H'+h')}.$$

Die folgende Tafel enthält die mit beiden Apparaten erlangten Resultate:

No.	H.	t.	h.	$\frac{v}{V}$.	$H+h$.	H'.	T'.
			Apparat No. 1.				
	mm.	Grade.	mm.		mm.	mm.	Grade.
1	755,31	12,4	923,13	0,00369	1678,44	755,23	99,82
2	755,46	12,5	922,90	0,00367	1678,36	755,45	99,83
3	756,67	12,8	935,87	0,00380	1692,54	756,61	99,87
4	756,67	12,8	935,87	0,00380	1692,54	756,84	99,88
5	756,89	13,6	935,50	0,00380	1692,39	757,09	99,89
6	756,98	13,2	935,65	0,00383	1692,63	757,13	99,89
7	759,21	15,4	1385,04	0,00372	2144,25	759,21	99,97
8	759,23	15,1	1384,87	0,00372	2144,10	759,17	99,97

No.	t'.	h'.	$H'+h'$.	$\frac{v'}{V}$.	$1+100\alpha$.	Mittel.
	Grade.	mm.	mm.			
1	15,0	1530,60	2285,83	0,00360	1,36734	1,36760
2	16,1	1530,89	2286,34	0,00371	1,36786	
3	15,6	1549,10	2305,71	0,00380	1,36777	1,36800
4	15,5	1549,64	2306,48	0,00371	1,36803	
5	15,4	1549,30	2306,39	0,00380	1,36824	
6	15,7	1549,21	2306,34	0,00380	1,36795	
7	17,3	2164,61	2923,82	0,00380	1,36880	1,36894
8	17,7	2165,09	2924,26	0,00380	1,36907	

No.

No.	H.	t.	h.	$\frac{v}{V}$.	$H+h$.	H'.	T'.
			Apparat No. 2.				
	mm.	Grade.	mm.		mm.	mm.	Grade.
1	748,26	9,2	2907,39	0,00183	3655,65	748,62	99,57
2	748,13	9,2	2907,37	0,00184	3655,50	748,65	99,57
3	748,30	9,2	2907,27	0,00183	3655,57	748,70	99,58
4	748,42	9,3	2907,09	0,00185	3655,51	748,76	99,58

No.	t'.	h'.	$H'+h'$.	$\frac{v'}{V}$.	$1+100\alpha$.	Mittel.
	Grade.	mm.	mm.		mm.	
1	9,8	4242,03	4990,65	0,00184	1,37068	1,37091.
2	9,7	4243,58	4992,23	0,00184	1,37116	
3	9,8	4243,50	4992,20	0,00164	1,37074	
4	9,8	4244,52	4993,28	0,00165	1,37104	

Diese Tafel zeigt, dafs der Ausdehnungs-Coëfficient der trocknen Luft in sehr merklicher Weise mit dem Drucke steigt, und sie bestätigt demnach das schon S. 119, in den Versuchen unter schwächerem Druck als der atmosphärische, erhaltene Resultat.

Zusammengefafst haben wir für den Ausdehnungs-Coëfficient der Luft unter verschiedenem Druck folgende Zahlen erhalten:

Druck bei 0°.	Druck bei 100°.	Dichte der Luft bei 0° die der Luft bei 0° und 760mm = 1.	$1+100\alpha$.
109mm,72	149mm,31	0,1444	1,36482
174 ,36	237 ,17	0,2294	1,36513
266 ,06	395 ,07	0,3501	1,36542
374 ,67	510 ,35	0,4930	1,36587
375 ,23	510 ,97	0,4937	1,36572
760 ,00	....	1,0000	1,36650
1678 ,40	2286 ,09	2,2084	1,36760
1692 ,53	2306 ,23	2,2270	1,36800
2144 ,18	2924 ,04	2,8213	1,36894
3655 ,56	4992 ,09	4,8100	1,37091

Die dritte Spalte der Tafel enthält die Dichtigkeiten des Gases bei der Temperatur des schmelzenden Eises. Man sieht, dafs diese Dichtigkeiten von 0,1444 bis 4,8100, d. h. von 1 bis 33,3 gingen, und dafs bei einer so bedeutenden Aenderung der Dichtigkeit der Ausdehnungs - Coëfficient des Gases sich nur von 0,3648 bis 0,3709 änderte.

Die vorstehenden Resultate zeigen demnach, dafs das von den Physikern angenommene Gesetz, dafs die Luft sich bei jeglicher Dichtigkeit um denselben Bruchtheil seines Volums bei 0° ausdehne, nicht richtig ist; vielmehr dehnt sich die Luft, zwischen denselben Temperaturgränzen, um desto beträchtlichere Gröfsen aus, als die Dichte des Gases gröfser ist, oder, mit anderen Worten, als seine Theilchen näher zusammenliegen.

Aehnliche Versuche mit *Kohlensäure* mittelst der beiden so eben beschriebenen Apparate angestellt, gaben folgende Resultate:

	Apparat No. 1.		Apparat No 2.	
H	759mm,94	760mm,03	757mm,69	757mm,79
t	14°,5	13°,9	11°,3	11°,2
h	982,75	982,74	2831,37	2831,19
$\frac{v}{V}$	0,00361	0,00362	0,00190	0,00190
$H+h$	1742mm,69	1742mm,77	3589mm,06	3588mm,98
H'	759,86	759,83	758,11	758,41
T'	100°,0	90°,99	99°,93	97°,94
t'	15°,8	15°,6	11°,3	11°,4
h'	1627,81	1627,95	4200,50	4201,05
$H'+h'$	2387,67	2387,78	4958,61	4959,46
$\frac{v'}{V}$	0,00366	0,00367	0,00190	0,00190
$1+100\alpha$	1,37520	1,37525	1,38586	1,38609

Fügt man diese Resultate zu denen, welche in der ersten Abhandlung (Bd. LV S. 577 und 580) für die Kohlensäure erhalten wurden, so hat man:

Druck bei 0°.	Druck bei 100°.	Dichte d. Kohlensäure bei 0°.	1+100α.
758mm,47	1034mm,54	1,0000	1,36856
901 ,09	1230 ,37	1,1879	1,36943
1742 ,73	2387 ,72	2,2976	1,37523
3598 ,07	4759 ,03	4,7318	1,38598

Man sieht, dafs die Ausdehnung der Kohlensäure weit rascher wächst mit dem Druck als die der atmosphärischer Luft.

Zweiter Theil. Versuche zur Bestimmung der Ausdehnung der Gase unter constantem Druck.

Bei allen bisher beschriebenen Versuchen wurde die Ausdehnung der Gase nur indirect bestimmt. Direct maafsen wir die Zunahme der Spannkraft, welche das Gas, zurückgeführt auf ein constantes Volum, in Folge der Temperatur-Erhöhung empfing, und daraus leiteten wir, gestützt auf das Mariotte'sche Gesetz, die Ausdehnung her. Allein man kann einwerfen, die vollkommene Richtigkeit dieses Gesetzes sey selbst für die Luft nicht erwiesen, und die bei der Ausdehnung unter verschiedenem Druck gefundenen Unterschiede rühren demnach alleinig davon her, dafs das Mariotte'sche Gesetz nicht strenge richtig sey.

Dieser Einwurf scheint mir indefs aus mehren Gründen nichtig zu seyn. Denn die HH. Dulong und Arago haben bei ihren schönen Versuchen keine constante Anomalie gefunden, selbst nicht unter Drucken, die bis 27 Atmosphären stiegen, und diefs beweist zum wenigsten, dafs zwischen den Druckgränzen von 1 bis 27 Atmosphären das Mariotte'sche Gesetz beinahe richtig ist. Daraus kann man folgern, dafs es für so kleine Druckunterschiede, wie wir in unseren Versuchen an demselben Gase bei 0° und 100° beobachteten, strenge richtig seyn mufs. Wenn schon für so schwache Druckunter-

schiede eine in den Ausdehnungsversuchen sichtbare Anomalie vorhanden wäre, so würde dieselbe offenbar für gröfsere Druckunterschiede bei den Versuchen, die von den eben erwähnten berühmten Physikern mit so vieler Sorgfalt angestellt wurden, in weit entschiedenerem Maafse hervorgetreten seyn.

Ich mufs noch bemerken, dafs meine Versuche gerade unter den für die Richtigkeit des Mariotte'schen Gesetzes günstigsten Umständen angestellt wurden, weil das Gas erhitzt bis 100°, d. h. am entferntesten von seinem Liquefactionspunkte, dem stärksten Druck ausgesetzt wurde.

Endlich ist noch zu erwägen, dafs man bei den vergleichenden Versuchen über die Zusammendrückbarkeit der verschiedenen Gase unter gleichem Druck gefunden hat, dafs die Gase, welche nicht dem Mariotte'schen Gesetze folgen, eine Volumsverringerung zeigen gröfser als die, welche nach diesem Gesetze stattfinden müfste. So müfste bei meinen Versuchen, wenn man die in Folge der Temperaturdifferenz eingetretenen Veränderungen der Molecularkräfte vernachlässigt, das Volum des Gases bei 100° kleiner seyn als dasjenige, welches genau dem Mariotte'schen Gesetze folgen würde, so dafs die Anomalie in diesem Gesetze den Ausdehnungs-Coëfficienten mit dem Druck vermindern würde, statt zu vergröfsern, wie wir es bei unsern Versuchen fanden.

Um übrigens über diesen wichtigen Punkt der mechanischen Theorie der Gase keinen Zweifel stehen zu lassen, habe ich eine neue Reihe von Versuchen gemacht mittelst eines Verfahrens, bei welchem das Gas bei 0° und bei 100° nahezu unter gleichem Drucke bleibt und seine Volumsvergröfserung direct gemessen wird. Diese Methode ist offenbar die einzige, die man auf Gase anwenden kann, welche schon bei schwachen Druckänderungen nicht dem Mariotte'schen Gesetze folgen.

Ich will mit einigen Worten den zu diesen Versu-

chen gebrauchten Apparat beschreiben. Er beruht auf gleichem Princip wie Hrn. Pouillet's Luftpyrometer [1]), und ist Taf. I Fig. 3 abgebildet.

Ein Glasballon, angeschmolzen an ein Haarröhrchen, steht in einem Blechgefäfs *MN* (Bd. LV Taf. V Fig. 1). Die Röhre ist eingekittet in ein kleines Stück mit drei Tubulaturen *mno*. In die Seitentubulatur *o* kittet man ein kleines gerades Haarröhrchen ein oder eine Röhre von der Form *abcd* in Fig. 1 Taf. I (dieses Bandes) und einige Mastixkügelchen einschliefsend, je nachdem man unter geringeren oder gröfseren Drucken als der atmosphärische operiren will. In die dritte Tubulatur *n* ist eingekittet ein gekrümmtes Haarröhrchen *EF* und dieses verbunden mit der Röhre *FH*, in welcher man die Volumsvergröfserung der Luft mifst. Man gab dieser Röhre eine solche Einrichtung, dafs das Luftvolum sich bei α befand, wenn der Ballon im schmelzenden Eise war. Es nimmt, wenn der Ballon im siedenden Wasser ist, den weiteren Theil ein bis zu einem Punkt β auf der unteren engeren Röhre. Die Röhre *FH* ist eingekittet in die Tubulatur *A* eines eisernen Hahnstücks. In der zweiten Tubulatur *B* befindet sich eingekittet ein Glasrohr *BI* von 1 Meter Länge bei den unter atmosphärischem Druck gemachten Versuchen. Dieses Rohr wird durch ein anderes von drei Meter Länge ersetzt, wenn man unter stärkerem Druck experimentirt.

Das Eisenstück hat zwei Hähne *R* und *R'*. Der erstere ist nur einmal durchbohrt, und dient dazu, eine Portion Quecksilber aus dem Apparat abzulassen. Der letztere hat unter rechtem Winkel zwei Durchbohrungen, um, je nach seiner Stellung, die Röhre *FH* entweder mit der Barometerröhre *BI* oder mit dem Aeufsern in Gemeinschaft zu setzen. Diese Einrichtung ist leicht aus den Figuren 4 zu begreifen: sie stellen einen senkrechten Schnitt des Stücks mit den beiden Stellungen (*a*) und (*b*) des Hahns *R'* vor. Diefs Stück ist befestigt auf ei-

1) Annalen, Bd. XXXXI S. 144.

nem mit Stellschrauben versehenen gufseisernen Dreifufs, und trägt seinerseits einen Glasstaucher (*Manchon de verre*), den man mit Wasser füllt, um den Ausdehnungsbehälter in einer constanten Temperatur zu erhalten. Dieser Staucher besteht aus einem rechteckigen Kasten, an dem zwei gegenüberstehende Seiten von Spiegelglas sind.

Die Anstellungsweise des Versuchs ist folgende. Nachdem der Ballon mit schmelzendem Eise umgeben, die Röhre *op* geöffnet und mit dem Apparat, der zuvor zur Austrocknung der Luft gedient hat, in Verbindung gesetzt worden ist, giefst man Quecksilber in die Röhre *BI*, bis das Niveau bei α anlangt. Da der Hahn R' sich in der Stellung (a) befindet, so steigt das Quecksilber in beiden communicirenden Röhren nothwendig gleich hoch. Man schliefst vor der Lampe die Röhre *op* und merkt sich den Barometerstand und die Temperatur des im Staucher befindlichen Wassers, welches man sorgfältig von Zeit zu Zeit durch den Umrührer $ff'gg'$ bewegt, indem man diesen auf- und abführt, so, dafs er alle Schichten der Flüssigkeit durchläuft.

Nach Fortnahme des Eises bringt man das Wasser des Gefäfses *M* zum Sieden. Um die beiden Quecksilbersäulen beinahe in gleichem Niveau zu halten, ist man genöthigt, durch Oeffnung des Hahns *R*, Quecksilber herauszulassen. Ein Theil der Luft des Ballons tritt sonach in die Röhre *FH*, man bringt die beiden Säulen nahezu in gleiches Niveau β, und mifst den Höhenunterschied genau mit dem Kathetometer [1]), zugleich zeich-

1) Es stand zu fürchten, dafs der mit Wasser gefüllte Staucher durch Refractionswirkungen eine Verschiebung der von den Menisken ausgehenden Lichtstrahlen veranlassen könnte. Eine sehr einfache Beobachtung zeigte mir indefs, dafs diefs, wenigstens in den Regionen, wo die Beobachtungen stattfanden, nicht merklich der Fall war. Bei Offenseyn der Röhre *op* führte man successiv den Quecksilbermeniskus an alle Stellen der Röhre *FH*. Es zeigte sich mittelst des Fernrohrs am Kathetometer, dafs in allen diesen Stellungen die Menisken im Niveau waren in den beiden Röhren *FH* und *BI*.

net man den Barometerstand und die Temperatur des Stauchers auf. Das in letzterem enthaltene Wasser wurde vor Beginn der Beobachtung wenigstens eine Viertelstunde lang unaufhörlich umgerührt, um ihm eine gleichförmige Temperatur zu geben, und zwar dieselbe, welche die Luft in der Röhre *FH* besafs.

Um aus diesen Versuch den Ausdehnungs-Coëfficienten der Luft herleiten zu können, mufs man kennen: die Capacität des Ballons, das Volum v der Luft in der Röhre *FH* von *E* bis α, wenn der Ballon im schmelzenden Eise steht, und das Volum v' von *E* bis β, welches die Luft einnimmt, wenn der Ballon sich im siedenden Wasser befindet. Die erstere Capacität bestimmt sich leicht, wenn man den Ballon mit Quecksilber von 0° füllt, nachdem man ihn im Apparat wohl ausgekocht hat. (Siehe Bd. LV S. 401.)

Die beiden Volume v und v' bestimmen sich folgendermafsen:

Man bricht die ausgezogene Spitze der Röhre *op* ab, um die innere Luft mit der äufseren in Gemeinschaft zu setzen [1]), und giefst Quecksilber in die Röhre *BI*, bis dasselbe die Röhre *FH* gänzlich füllt, bis γ im Haarröhrchen. Dann dreht man den Hahn *R'* in die Lage (*b*). Es findet nun zwischen den Röhren *FH* und *BI* keine Gemeinschaft mehr statt, aber das Quecksilber von *FH* fliefst durch die Tubulatur *O'* ab. Man sammelt das Quecksilber in einer Flasche und läfst so viel abfliefsen, bis sein Meniskus genau die Lage bei α einnimmt,

1) Um das Eintreten feuchter Luft in den Apparat zu verhüten, traf man die Vorsicht, die Röhre *op* zuvor durch Kautschuck mit den Trockenapparaten in Verbindung zu setzen. Bei mehren Versuchen, hauptsächlich denen, die mit anderen Gasen als die atmosphärische Luft angestellt wurden, brach man die Spitze der Röhre *op* nicht ab. Den Ballon im siedenden Wasser lassend, gofs man Quecksilber in die Röhre *BI*, so viel, dafs dasselbe bis in den capillaren Theil *EF* der Röhre *FH* stieg; dann aichte man die Volume v und v' wie gewöhnlich.

die er in der ersten Periode des Versuchs hatte; hievon überzeugt man sich mit vieler Genauigkeit mittelst des Kathetometers [1]). Man wägt das ausgeflossene Quecksilber und leitet daraus das Volum v ab.

Nun läfst man das Quecksilber abfliefsen, bis der Meniskus in β anlangt. Das ausgeflossene Gewicht Quecksilber, hinzugefügt zu dem, welches das Volum v gab, giebt das Volum v'. Offenbar ist hier wegen der Temperatur eine Berichtigung zu machen. Sind p und p' die Gewichte des ausgeflossenen Quecksilbers und t die Temperatur des Wassers im Staucher zur Zeit der Aichung, so werden die Gewichte Quecksilber von 0°, welche die Volume v und v' füllen würden und also wirklich diese Volume vorstellen, seyn: $p\left(1+\frac{t}{5550}\right)$ und $p'\left(1+\frac{t}{5550}\right)$.

Zu diesen Volumen v und v' ist hinzuzufügen die kleine Capacität der Capillarröhren aufserhalb des Gefäfses, in welchem das Wasser siedet. Diese Capacität war durch eine vorherige Aichung bekannt. Uebrigens ist es, da die Temperatur der in diese Röhren eingeschlossenen Luft etwas unsicher ist, zweckmäfsig, dafs diese Capacität äufserst klein sey. Bei meinem Apparat stieg sie nie über $\frac{1}{2000}$ der Capacität des Ballons.

Um denselben Apparat zur Messung der Ausdehnung der Luft unter stärkeren Drucken anwendbar zu machen, braucht man nur das Seitenrohr op durch das gekrümmte Rohr $abcd$ der Fig. 1 Taf. I zu ersetzen, und trockne Luft in den Ballon zu pumpen, während man Quecksilber in die Röhre BI giefst. Ist der gehörige Druck in dem Ballon erreicht, so schmilzt man den Mastix der Röhre $abcd$, um den Apparat hermetisch zu verschliefsen. Man umgiebt den Ballon mit schmelzendem Eise, und stellt den Meniskus, mit Hülfe des ersten

1) Man macht durch zweckmäfsiges Drehen des Hahns das Ausfliefsen des Quecksilbers so langsam wie möglich; auf solche Weise ist es leicht den Meniskus bis auf $\frac{1}{50}$ Millimeter einzustellen.

Kathetometers, auf den Merkpunkt α ein. Mit einem zweiten Kathetometer bestimmt man den Meniskus in der Röhre BI. Uebrigens befolgt man bei diesen Messungen genau die S. 122 angezeigten Vorsichtsmafsregeln.

Nach Fortnahme des Eises bringt man das Wasser des Gefäfses zum Sieden und läfst Quecksilber ausfliefsen, um sein Niveau auf β zu bringen. Man mifst die Höhe der gehobenen Quecksilbersäule; sie ist nahe dieselbe wie in der ersten Periode des Versuchs.

Sind H und H' die Barometerstände zur Zeit der Beobachtungen im schmelzenden Eise und siedendem Wasser, h und h' die Niveau-Unterschiede der Menisken in den Röhren des Apparats, so hat man offenbar die Beziehung:

$$\left(V\cdot\frac{1+\delta T}{1+\alpha T}+v'\frac{1}{1+\alpha t'}\right)(H'+h')=\left(V+v\frac{1}{1+\alpha t}\right)(H+h)$$

woraus:

$$1+\alpha T=\frac{(H'+h')(1+\delta T)}{(H+h)+\frac{v}{V}\cdot\frac{H+h}{1+\alpha t}-\frac{v'}{V}\cdot\frac{H'+h'}{1+\alpha t'}}.$$

Die Gröfse α kommt zwar im Nenner des zweiten Gliedes vor; allein da sie nur sehr wenig Einflufs ausübt, so wendet man die Methoden der successiven Approximationen an, d. h. man setzt für α einen genäherten Werth, zieht damit einen Werth für α im ersten Gliede, substituirt diesen wieder in dem zweiten Glied, und erhält so einen definitiven Werth von $1+\alpha T$.

Die gröfste Sorgfalt bei diesem Verfahren mufs man auf die Bestimmung der Volume V, v, und v' verwenden, ferner auf die Bestimmung der Temperatur t'. Ein anderer sehr wichtiger Punkt ist die vollständige Austrocknung der Röhre FH. Diese Röhre hat eine grofse Capacität, und vermöge der Einrichtung des Apparats kann sie während des Auspumpens nicht erhitzt werden. Bei meinen Versuchen war diese Röhre heifs ausgetrocknet worden, ehe sie in ihre Fassung eingekittet wurde,

und nach vollständiger Zusammensetzung des Apparats gofs man eine kleine Menge Quecksilber in die communicirenden Röhren. Man drehte den Hahn R' in eine mittlere Lage zwischen (a) und (b), und pumpte den Ballon aus, während er im Dampf des siedenden Wassers befindlich war. Indem man ihn abwechselnd sehr oft auspumpte und langsam wieder mit trockner Luft sich füllen liefs, mufste man die Feuchtigkeit nicht blofs aus dem Ballon, sondern auch aus der Röhre, in welcher man die Ausdehnung maafs, vollständig entfernen.

Die folgende Tafel enthält die mittelst dieses Verfahrens erlangten Resultate, und zwar im ersten Theil die unter dem atmosphärischen Druck mit Luft, Wasserstoff, Kohlensäure, Stickstoffoxydul, Kohlenoxyd, schwefliger Säure und Cyan erhaltenen; im zweiten Theil befinden sich die unter stärkerem Druck mit Luft, Wasserstoff und Kohlensäure erhaltenen.

H. mm.	t.	h. mm.	c. grm.	$H+h$. mm.	H'. mm.	T.	t'.	h'. mm.	$H'+h'$. mm	c'. grm.	$1+100\alpha$	Mittel.
Versuche unter atmosphärischem Druck.												
Atmosphärische Luft.												
757,29	14°,27	0	28,40	757,29	756,76	99°,09	14°,58	—4,33	752,43	1716,08	1,36693	
754,85	16 ,00	0	47,57	754,85	754,68	99 ,81	16 ,69	—1,25	753,53	1718,22	1,36698	
756,33	14 ,10	0	42,06	756,33	756,03	99 ,86	14 ,78	—2,70	753,33	1716,06	1,36714	
754,75	17 ,64	+2,97	30,08	757,72	754,70	99 ,81	17 ,52	0	754,70	1719,43	1,36718	1,36706
Wasserstoffgas.												
755,71	18°,21	+3,07	29,13	758,78	755,68	99°,84	18°,25	0	755,68	1724,79	1,36642	
755,65	18 ,46	0	27,43	755,65	755,30	99 ,82	19 ,29	—2,49	752,81	1722,08	1,36610	
755,63	20 ,21	+1,83	27,22	757,46	755,29	99 ,82	20 ,48	0	755,29	1722,19	1,36586	1,36613
Kohlensaures Gas.												
756,31	17°,19	+0,30	48,81	756,61	756,36	99°,86	16°,62	0	756,36	1722,59	1,37048	
756,14	17 ,64	0	22,40	756,14	755,79	99 ,85	19 ,23	—0,86	754,93	1720,16	1,37088	
756,13	18 ,88	+0,86	30,95	756,99	756,57	99 ,87	18 ,69	0	756,57	1721,02	1,37100	
755,52	19 ,82	+1,92	30,90	757,44	756,10	99 ,85	19 ,47	0	756,10	1731,75	1,37094	
755,46	19 ,88	0	30,28	755,46	755,43	99 ,84	20 ,58	—1,47	753,96	1741,48	1,37164	1,37099

H. mm.	t.	h. mm.	v. grm.	H+h. mm.	H'. mm.	T.	t'.	h'. mm.	H'+h'. mm.	v'. grm.	1+100α	Mittel.
						Stickstoffoxydulgas.						
764,90	15°,85	0	30,40	764,90	764,79	100°,18	16°,44	—2,34	762,45	1731,02	1,37223	
754,45	19 ,40	0	26,37	754,45	754,32	99 ,80	19 ,83	—0,34	753,98	1723,80	1,37167	1,37195
						Kohlenoxydgas.						
756,29	18°,42	0	27,50	756,29	756,14	99°,86	19°,59	—2,23	753,91	1724,20	1,36720	
754,75	16 ,11	+1,92	25,30	756,67	754,70	99 ,81	16 ,86	—2,66	752,05	1722,07	1,36654	1,36688
						Schwefligsaures Gas.						
759,58	18°,38	0	21,44	759,58	759,40	99°,98	19°,67	+2,67	762,07	1763,28	1,39094	
760,41	19 ,61	—1,54	25,79	758,87	760,66	100 ,03	19 ,88	+0,72	761,38	1768,20	1,38987	
762,46	17 ,63	—3,34	22,40	759,12	762,04	100 ,08	18 ,63	+0,06	762,10	1754,26	1,39004	1,39028
						Cyangas.						
763,18	20°,30	+0,25	22,80	763,43	763,14	100°,12	21°,24	+0,70	763,84	1785,37	1,38766	
764,19	18 ,56	—1,44	25,62	762,75	764,08	100 ,15	19 ,72	+0,78	764,86	1764,23	1,38768	1,38767

Versuche unter hohen Drucken.

Atmosphärische Luft I.

H. mm.	t.	h. mm.	v. grm.	H+h. mm.	H'. mm.	T.	t'.	h'. mm.	H'+h'. mm.	v'. grm.	1+100α	Mittel.
754,22	18°,61	1770,40	29,72	2524,62	754,37	99°,80	19°,38	1763,34	2517,71	1727,68	1,36924	
754,67	18 ,57	1773,56	20,17	2528,23	754,53	99 ,80	19 ,08	1761,90	2516,43	1731,00	1,36963	1,36944

Atmosphärische Luft II.												
757,74	16°,86	1805,75	23,28	2623,49	757,65	99°,91	18°,03	1855,05	2612,70	1720,70	1,36941	
757,04	17 ,04	1863,36	30,80	2620,40	756,83	99 ,89	17 ,94	1858,88	2615,71	1718,77	1,36987	1,36964
Wasserstoffgas.												
747,58	18°,31	1798,05	25,69	2545,63	747,62	99°,54	19°,00	1782,96	2530,58	1728,00	1,36615	
748,40	17 ,44	1792,11	37,72	2540,51	747,91	99 ,55	18 ,33	1786,16	2534,07	1716,39	1,36628	
750,40	16 ,67	1795,07	26,46	2545,47	749,92	99 ,62	16 ,44	1770,39	2520,31	1740,27	1,36605	1,36616
Kohlensäure.												
747,43	18°,67	1777,08	30,63	2524,51	747,17	99°,52	18°,55	1786,54	2533,71	1736,40	1,38467	
750,38	16 ,34	1772,07	35,15	2522,45	750,76	99 ,65	17 ,03	1769,75	2520,51	1761,36	1,38443	1,38455

Die atmosphärische Luft gab mir Zahlen, die das Mittel aus den vorherigen Versuchen etwas übertrafen. Der Unterschied ist jedoch unmerklich, und kann davon herrühren, dafs die Luft nicht genau dem Mariotte'schen Gesetze folgt.

Meine früheren Versuche gaben für den Wasserstoff und für die atmosphärische Luft einen gleichen Ausdehnungs-Coëfficienten; die neueren würden für den Wasserstoff einen etwas kleineren Coëfficienten wie für die Luft ergeben. Zu einem ähnlichen Resultat ist Hr. Magnus gelangt [1]); allein die Unterschiede sind so gering, dafs die Entscheidung der Frage schwierig ist; sie liegen in den Gränzen der Beobachtungsfehler. In der That findet man in Hrn. Magnus's Versuchen über die Luft mehre Zahlen, die noch kleiner sind als die, welche er für den Wasserstoff erhalten hat, so dafs die Aufgabe mir nicht gelöst zu seyn scheint. Man wird weiterhin sehen, dafs die unter grofsen Drucken über die Ausdehnung gemachten Versuche sie in sehr netter Weise entscheiden.

Der Wasserstoff war mittelst sehr reinen Zinks dargestellt; er ging durch eine Waschflasche mit Wasser, zwei Röhren von 1 Meter Länge, voll Bimstein, getränkt mit einer concentrirten Kalilauge, eine Röhre von derselben Röhre gefüllt mit Bimstein, der mit einer Lösung von schwefelsaurem Silberoxyd befeuchtet war. Hinter der Luftpumpe befanden sich zwei Röhren von 1 Meter Länge, gefüllt mit schwefelsaurem Bimstein, und eine Röhre, gefüllt mit Aetzkali in kleinen Stücken. Diefs letzte bezweckte die kleine Menge schwefliger Säure zurückzuhalten, die sich in Berührung des Wasserstoffs und des schwefelsauren Bimsteins gebildet haben konnte. Diese Vorsicht war bei den Versuchen der ersten Abhandlung vernachlässigt worden; allein ich hatte mich durch den

1) Annalen, Bd. LV S. 20.

Geruch überzeugt, dafs bei keinem dieser Versuche schweflige Säure anwesend war.

Das Kohlenoxydgas gab dieselbe Zahl wie bei den früheren Versuchen (Annalen, Bd. LV S. 572).

Bei der Kohlensäure und dem Stickstoffoxydul sind die nach diesem Verfahren bestimmten Ausdehnungs-Coëfficienten etwas gröfser als die nach den früheren Methoden erhaltenen (Ann. Bd. LV S. 572, 577, 578). Diefs rührt ohne Zweifel davon her, dafs diese Gase nicht genau dem Mariotte'schen Gesetze folgen, dafs also ihre Volume bei 100°, unter dem stärkeren Druck, welchem sie nach den früheren Methoden bei dieser Temperatur unterworfen wurden, kleiner waren als sie nach erwähntem Gesetze seyn müfsten. Wir müssen erwarten, ähnliche Resultate für alle stärker als die Luft zusammendrückbaren Gase zu finden.

Schweflige Säure und Cyan haben weit gröfsere Ausdehnungs-Coëfficienten als die übrigen Gase. Meine früheren Versuche hatten dagegen für diese Gase Werthe ergeben, die den Coëfficienten der atmosphärischen Luft sehr wenig übertrafen. Die Unterschiede könnten davon herrühren, dafs das schwefligsaure und Cyan-Gas weit zusammendrückbarer als die Luft wären, ihr Volum bei 100°, berechnet aus der Aenderung der Spannkraft, also viel zu klein wäre, und mithin einen zu kleinen Ausdehnungs-Coëfficienten ergäbe. Mich bemühend diese Vermuthung durch directe Versuche zu bewahrheiten, habe ich nach vielen Versuchen erkannt, dafs meine früheren Versuche über die schweflige Säure und das Cyan einen sehr bedeutenden Fehler einschliefsen.

Ich fürchtete immer die Schwierigkeit der vollständigen Austrocknung des schwefligsauren Gases, da die Gegenwart einer kleinen Menge Wasserdampf in diesem so leicht löslichen Gase weit stärkere Störungen als bei den übrigen Gasen verursachen konnte. Meine ersten Versuche hatten für die schweflige Säure Zahlen gege-

ben, weit gröfser als diejenigen, bei welchen ich in meiner ersten Arbeit stehen blieb; allein ich fand, dafs diese Zahlen desto kleiner wurden als das Gas langsamer in den Ballon hineingelassen wurde, was ich natürlich einer vollständigeren Austrocknung zuschrieb, und erst nachdem ich das Gas aufserordentlich langsam eintreten liefs, es zwang, lange Zeit in den Röhren mit schwefelsaurem Bimstein zu verweilen, bevor es in den Ballon überging, glückte es mir, constante Zahlen zu erhalten. Bei dieser Verfahrungsweise stellte sich eine Fehlerquelle ein, die mir anfangs entging. Offenbar trat mit dem schwefligsauren Gase zugleich trockne Luft in den Ballon, in desto gröfserem Verhältnifs, je langsamer das Gas hineingelassen ward. Allein die Gegenwart einer kleinen Menge trockner Luft reicht hin, den Ausdehnungs-Coëfficienten der schwefligen Säure bedeutend zu verringern, weil dieses Gas sich dann ausdehnt, wie wenn es sich unter einem geringeren Druck befindet, und der Ausdehnungs-Coëfficient desselben nimmt sehr rasch mit dem Druck ab.

Ich glaubte anfangs, das Eindringen der Luft rühre davon her, dafs die Apparate (vielleicht die Hähne der Pumpe unter dem Einflufs des sauren Gases) während der langen Zeit der Hineinlassung des Gases das Vacuum nicht völlig gehalten hätten. Ich wage nicht zu behaupten, dafs dem wirklich so war; allein ich kann sagen, dafs die Apparate, jedesmal vor Beginn einer Versuchsreihe mit einem neuen Gase, auf's sorgfältigste geprüft wurden.

Es giebt aber eine andere Fehlerquelle, gegen welche ich mich bei meinen früheren Versuchen nicht genug in Acht genommen hatte. Sie entspringt aus der ungemeinen Schwierigkeit, den mit Schwefelsäure getränkten Bimstein von der eingeschlossenen oder absorbirten Luft vollständig zu befreien. So hatte ich bei meinen früheren Versuchen mit der schwefligen Säure gesehen, dafs

dafs, nachdem der Apparat vier Mal hinter einander, wenigstens bis etwa auf 1 oder 2 Centimeter, ausgepumpt, und das schwefligsaure Gas jedesmal wieder hineingelassen worden war, doch das in dem Ballon enthaltene Gas bei der Probe sich noch mit einer beträchtlichen Menge Luft vermengt erwiefs. Bei den gewöhnlichen Versuchen mit andern Gasen als die atmosphärische Luft evacuirte ich wenigstens 10 bis 12 Mal; bei den Versuchen mit der schwefligen Säure begnügte ich mich, wegen der sehr langsamen Einführung dieses Gases, mit 3- bis 4maligem Auspumpen. Bei den Versuchen mit dem Cyan pumpte ich nur zwei Mal aus, wegen der Schwierigkeit, diefs Gas im Zustande der Reinheit in bedeutender Menge darzustellen.

Bei den neuen Versuchen bereitete ich die schweflige Säure durch Reaction des Quecksilbers auf Schwefelsäure. Das Gas ging durch eine lange U-förmige Röhre, gefüllt mit concentrirter Schwefelsäure, welche die Gasblasen sehr langsam durchstrichen. Von da gelangte es in den Ballon, mittelst einer Röhre, an welche die kleine Luftpumpe angesetzt war. Diese Einrichtung erlaubte das Vacuum nicht blofs in dem Ballon, sondern auch in dem Entwicklungsapparat herzustellen. Es war übrigens leicht sich mittelst der gemeinschaftenden Röhren *FH* und *BI* zu versichern, dafs der Apparat vollkommen das Vacuum hielt.

So wurde der Apparat mit vollkommen reinem schwefligsaurem Gase gefüllt. Davon habe ich mich am Schlusse der Versuche überzeugt, indem ich die Spitze des Seitenrohrs *op* unter Quecksilber abbrach, und ein Theil des Gases, durch Einschüttung von Quecksilber in die Röhre *BI*, austreten liefs. Das Gas wurde von einer Kalilauge vollständig absorbirt [1]).

1) Es bleibt noch zu wissen, ob das schwefligsaure Gas durch die concentrirte Schwefelsäure vollständig ausgetrocknet sey, und nicht kleine Portionen von dieser mit fortgerissen habe. Diefs scheint mir schwie-

Eine ähnliche Vorkehrung wurde beim Versuch mit dem Cyan befolgt. Diefs Gas wurde durch Erhitzung aus Cyanquecksiber bereitet; und es durchstrich eine lange Säule concentrirter Schwefelsäure.

Nimmt man die durch diese letzte Methode gefundenen Zahlen an, eine Methode, die bei Gasen, welche nicht dem Mariotte'schen Gesetze folgen, alleinig vergleichbare Resultate über die Ausdehnung zu geben vermag, so sieht man, dafs die verschiedenen Gase sehr ungleiche Ausdehnungs-Coëfficienten darbieten. Wir haben nämlich für diese Coëfficienten:

Wasserstoff	0,36613
Atmosphärische Luft	0,36706
Kohlenoxyd	0,36688
Kohlensäure	0,37099
Stickstoffoxydul	0,37195
Cyan	0,38767
Schweflige Säure	0,39028.

Schon vorhin habe ich bemerkt, dafs die Ausdehnungs-Coëfficienten des kohlensauren und des Stickstoffoxydul-Gases sich, nach der letzten Methode bestimmt, gröfser ergeben, als wenn man sie aus den Aenderungen der Spannkraft berechnet. Weit gröfser sind die Unterschiede für sehr compressibele Gase, wie das Cyan und die schweflige Säure, was man aus den folgenden Resultaten ersehen kann, die in derselben Versuchsreihe, wie die in vorstehender Tafel angeführten Zahlen, erhalten sind. In der That genügt es, um mit dem Apparat, Taf. I Fig. 3, bei ungeändertem Volum des Gases, die Aenderungen seiner Spannkraft, wenn es aus der Temperatur des schmelzenden Eises in die des siedenden Wassers gebracht wird, zu bekommen, das Niveau des Quecksilbers in der Röhre *FH* auf α zu halten, wäh-

rig durch directe Versuche zu entscheiden. Vielleicht wird der Ausdehnungs-Coëfficient durch eine unwägbare Menge Dampf merklich geändert.

rend der Ballon im siedenden Wasser ist, und den Niveau-Unterschied zwischen α und dem Meniskus des in der Röhre BI gehobenen Quecksilbers zu messen. Diese Bestimmungen wurden wirklich gemacht bei den drei Versuchen mit der schwefligen Säure und den beiden mit dem Cyan. Man braucht nur den Werthen H, t, h, v und $H+h$ in der vorherigen Tafel die folgenden hinzuzufügen:

	schweflige Säure			Cyan	
	I.	II.	III.	I.	II.
	mm	mm	mm	mm	mm
H'	759,31	760,71	762,13	763,07	764,07
h'	288,62	286,19	284,30	289,23	287,62
$H'+h'$	1047,93	1046,90	1046,43	1052,30	1051,69
T'	99°,98	100°,03	100°,08	100°,12	100°,15
t'	19 ,29	19 ,88	18 ,42	20 ,94	19 ,16
v'	21grm.,44	25grm.,79	28grm.,20	22grm.,80	25grm.,62
$1+100\alpha$	1,38439	1,38451	1,38470	1,38282	1,38298

Mithin haben wir erhalten:

	Durch directe Messung der Ausdehnung	Berechnet aus der Aenderung der Spannkraft
	für die schweflige Säure.	
	0,39094	0,38439
	0,38987	0,38451
	0,39004	0,38470
Mittel	0,39028	0,38453 [1])
	für das Cyan	
	0,38766	0,38282
	0,38768	0,38298
Mittel	0,38767	0,38290.

Ich habe vorhin angeführt, dafs der Ausdehnungs-Coëfficient der schwefligen Säure sehr rasch mit dem

1) Diese Zahlen weichen wenig von dem Mittel ab, das Hr. Magnus angenommen hat, aber nach drei Versuchen, die zu divergirende Zahlen gaben, nämlich 0,3897, 3839 und 3832.

Drucke zunehme; diefs kann man aus dem folgenden Versuch ersehen, bei welchem der durch Eis erkaltete Ballon und die Ausdehnungsröhre *FH* bis β mit schwefliger Säure gefüllt ward. Die Röhre *op* wurde darauf vor der Lampe verschlossen, und nun das die Röhre *FH* füllende Gas, durch Einschüttung von Quecksilber in die Röhre *BI*, in den Ballon getrieben.

Uebrigens wurde der Versuch ausgeführt, wie im Bd. LV S. 562 angegeben ist. Man hatte:

$H = 761^{mm},33$	$H' = 761^{mm},08$
$t = 18^{o},83$	$T' = 100^{o},04$
$h = 221^{mm},40$	$t' = 19^{o},10$
$v = 25^{grm.},36$	$h' = 226^{mm},56$
$H+h = 982^{mm},73$	$H'+h' = 987^{mm},64$
$v' = 1780^{grm.},44$	$1+100\alpha = 1,39804.$

Für eine so geringe Druckänderung, wie die von 760^{mm} auf 980^{mm} änderte sich demnach der Ausdehnungs-Coëfficient der schwefligen Säure von 0,3902 auf 0,3980 und das Gas ist unter 980^{mm} noch nicht bei 0° seinem Liquefactionspunkt sehr nahe.

Hienach ist es wahrscheinlich, dafs die Dämpfe in geringer Entfernung von ihrem Liquefactionspunkt, mithin unter Umständen, in welche wir sie bei unsern Versuchen zur Bestimmung ihrer Dichte für gewöhnlich versetzen, Ausdehnungs-Coëfficienten besitzen, die von dem der Luft sehr verschieden sind.

Beschäftigen wir uns nun mit dem zweiten Theil der Tafel, welche die unter dem Druck von 2530^{mm} (etwa 3,33 Atmosphären) mit drei Gasen, Luft, Wasserstoff und Kohlensäure, angestellten Versuche enthält. Man erblickt darin das merkwürdige Resultat, dafs der Wasserstoff beinahe denselben Ausdehnungs-Coëfficienten behält wie unter dem atmosphärischen Druck; während die Luft und besonders die Kohlensäure eine sehr merkliche Zunahme ihres Coëfficienten darbieten.

Der Unterschied in der Ausdehnung der atmosphä-

rischen Luft und der Kohlensäure ist weit beträchtlicher in den Versuchen, in welchen der Druck bei 0° und 100° derselbe ist, als in denen, wo die Ausdehnungen aus den Aenderungen der Spannkraft berechnet wurden.

Zu gleicher Zeit sieht man, dafs, je beträchtlicher der Druck ist, unter welchem man die Gase untersucht, desto gröfsere Unterschiede zwischen ihren Ausdehnungs-Coëfficienten gefunden werden. Wasserstoff und atmosphärische Luft, die unter dem gewöhnlichen barometrischen Druck eine beinahe gleiche Ausdehnung besitzen, zeigen unter drei bis vier Mal stärkerem Drucke sehr beträchtliche Unterschiede.

Schlüsse.

Zusammengefafst bestätigen meine Versuche nicht die bisher von allen Physikern angenommenen Grundgesetze der Theorie der Gase, nämlich:

1) dafs alle Gase sich zwischen gleichen Temperaturgränzen gleich viel ausdehnen;

2) dafs die Ausdehnung eines selben Gases zwischen denselben Temperaturgränzen unabhängig ist von dessen anfänglicher Dichte.

Müssen diese Gesetze von nun an aus der Wissenschaft verbannt werden? Ich glaube nicht. Ich glaube dafs diese Gesetze, wie alle bisher bei den Gasen aufgefundenen, z. B. das Gesetz der Volume u. s. w. *an der Gränze* richtig sind, d. h. dafs sie den Resultaten der Beobachtung desto näher genügen als man die Gase im Zustande gröfserer Verdünnung nimmt.

Diese Gesetze gelten für einen vollkommenen Gaszustand, dem sich die Gase, welche uns die Natur darbietet, mehr oder weniger nähern, je nach ihrer chemischen Natur, nach der Temperatur, unter welcher man sie betrachtet, und welche für jedes von ihnen mehr oder weniger von den Punkten des Uebergangs in einen an-

dern Aggregatzustand entfernt seyn kann; endlich, und vor allem, nach dem Grade ihrer Zusammendrückung.

XI. *Untersuchungen über die Zusammensetzung des Wassers; von Hrn. Dumas.*

(Ein in den *Compt. rend. T. XIV p.* 537 mitgetheilter Auszug der Arbeit, an der Hr. Stas mitgewirkt hat.)

Das Wasser besteht aus Sauerstoff und Wasserstoff, in einem Verhältnifs, das man theils messend, theils wägend festzustellen gesucht hat. Beide Methoden wurden von den HH. Berzelius und Dulong angewandt, und da sie genau zu demselben Resultat führten, so wurde dieses ohne Widerspruch als Ausdruck der Wahrheit angesehen. Ich werde zeigen, dafs diese Uebereinstimmung zufällig war, aus einem doppelten Fehler entsprang, welcher schwerlich der Kritik der Chemiker entgangen seyn würde, wenn sie nicht seit langer Zeit gewohnt gewesen wären, die von Hrn. Berzelius festgesetzten Atomgewichte ohne Prüfung anzunehmen.

Aus meinen Versuchen geht hervor, dafs das Wasser, dem Gewichte nach, aus 1000 Wasserstoff und 8000 Sauerstoff, also in dem einfachen Verhältnifs 1 : 8 aus diesen beiden Körpern, zusammengesetzt ist. Die HH. Berzelius und Dulong haben sehr nahe dasselbe Verhältnifs angenommen; denn sie betrachten das Wasser als bestehend aus 1000 Wasserstoff auf 8008 Sauerstoff. Wenn diese Zahl wirklich das Ergebnifs ihrer Versuche ausdrückte, so müfste man die von mir heut vorgeschlagene Berichtigung als unbedeutend, und die langen, kostbaren und mühsamen Untersuchungen, denen ich mich hingab, als unnütz betrachten. Allein wenn man zu den Versuchen meiner berühmten Vorgänger zurückgeht, so findet man, dafs sie auf fehlerhaft bestimmten Dichtig-

keiten des Wasser- und des Sauerstoffs beruhen; denn es ist gegenwärtig wohl erwiesen, dafs die Dichtigkeit des Sauerstoffs nicht durch 1,026 vorgestellt werden kann, und, wie ich zeigen werde, die des Wasserstoffs auch nicht durch 0,0688 und 0,0687, zwischen welchen die HH. Berzelius und Dulong stehen blieben.

In der That nimmt man an, dafs Wasserstoff und Sauerstoff sich, dem Volume nach, genau im Verhältnifs 2 : 1 verbinden, und sucht daraus die Zusammensetzung des Wassers in Gewichtstheilen nach der Dichtigkeit dieser beiden Gase zu bestimmen, dabei ausgehend von der Dichtigkeit des Wasserstoffs, wie sie die HH. Dulong und Petit bestimmten, und von der Dichtigkeit des Sauerstoffs, wie sie von Hrn. Boussingault und mir gefunden ward, so findet man nicht das Verhältnifs 1000 : 8008, sondern das 1000 : 8040, welches offenbar unzulässig ist. Indefs da alles glauben läfst, dafs Wasserstoff und Sauerstoff in ihrem Verhalten unter verschiedenem Druck nicht merklich von einander abweichen, und ihr Ausdehnungs-Coëfficient auch keinen merklichen Einflufs auf das in Rede stehende Verhältnifs ausüben kann, so mufs entweder die von Dulong bestimmte Dichte des Wasserstoffs unrichtig, oder das Gay-Lussac'sche Gesetz über die Verbindung der Gase nur ein angenähertes seyn.

Jedenfalls war es also unerläfslich, die Dichtigkeit des Wasserstoffs zu prüfen, da man aus den bisher bekannten Dichtigkeiten der Gase nichts über die wahre Zusammensetzung des Wassers schliefsen konnte.

Allein Hr. Berzelius hat die Zusammensetzung des Wassers aus einem directeren Versuch hergeleitet. Er hat Kupferoxyd mittelst Wasserstoff reducirt, und das somit aus einer bekannten Menge Sauerstoff gebildete Wasser aufgefangen. Er hat drei Versuche dieser Art gemacht, die ihm im Mittel 1000 Wasserstoff auf 8008 Sauerstoff gaben.

Ein englischer Chemiker, der Dr. Prout, hat schon die Meinung geäufsert, dafs das Wasser wohl 1000 Wasserstoff auf 8000 Sauerstoff enthalten könnte; allein man hat ihm das Resultat dieser Versuche entgegengesetzt, als beweisend, dafs dergleichen Verhältnisse Spiele der Einbildungskraft wären, die keine Beachtung verdienten.

Um zu zeigen, wie sehr man sich durch ein übertriebenes Vertrauen zu den Verfahrungsweisen dieser Bestimmungen hat mifsleiten lassen, braucht man nur die Zahlen von drei Versuchen des Hrn. Berzelius zu vergleichen:

1. Versuch	1000 Wasserstoff	=8042	Sauerstoff
2. - -	1000 - -	=7936	- -
3. - -	1000 - -	=8035	- -
	Mittel	8010	Sauerstoff.

Daraus, dafs man die Zahlen 805.., 804.. und 793.., deren Mittel 801.. ist, gefunden hat, ist man sicherlich durch nichts zu dem Schlufs berechtigt, dafs die wahre Zahl 800 sey. Man kann nicht für $\frac{1}{800}$ einstehen, wenn man nur drei Versuche macht, die unter sich um $\frac{12}{800}$ abweichen, und Versuche von einer solchen Verschiedenheit in ihren Resultaten berechtigen nicht die Correction von $\frac{1}{800}$ zu verwerfen, die hinreicht, das Mittel mit den Ansichten des Dr. Prout in Einklang zu bringen.

Gestehen wir, dafs die Ansichten des Dr. Prout bisher noch keiner so aufrichtigen und gründlichen Prüfung unterworfen wurden, als sie es ihrer hohen Wichtigkeit wegen verdienen. Ich weifs nicht, ob diese Ansichten in ihrer ganzen Ausdehnung wahr sind; allein um es zu erfahren, mufs man die Bestimmung der Atomgewichte in einem grofsen Maafsstabe wiederholen, nach Mittelwerthen aus zahlreichen Versuchen und unter Vernachlässigung keiner der Berichtigungen, welche die Physik zu beachten lehrt.

Wenn diese Berichtigungen an den Versuch des Hrn. Berzelius angebracht worden wären, würden die Resultate, die schon so weit von dem angenommenen Mittel abweichen, noch mehr von demselben abgewichen seyn.

Die erste, an dem rohen Resultat des Versuchs zu machende Berichtigung besteht in der Reduction des Gewichts des gebildeten Wassers auf das Vacuum, um das absolute Gewicht zu erhalten. Diese Berichtigung steigt beim Gewicht des Wasserstoffs auf nicht weniger als auf 10 bis 12 Milligrm., bei Versuchen, bei denen man glaubte auf eine Genauigkeit von 1 Milligrm. zählen zu können. Aus demselben Grunde muſs man auch das Gewicht des angewandten Sauerstoffs auf das Vacuum reduciren.

Andererseits erfordert die Austrocknung des Wasserstoffs viel kleinlichere Vorsichtsmaſsregeln als Herr Berzelius angewandt hat. Er setzt nämlich voraus, ein Gas werde schon absolut getrocknet, wenn es eine mit Chlorcalcium gefüllte Röhre rasch durchströmt. Erfahrung und Raisonnement zeigen aber, daſs dem nicht so ist. Das Gas nun, welches durch Umwandlung in Wasser verschwindet, bot dem Dampf einen Raum dar, welcher, indem er schwindet, dessen Verdichtung bedingt. Mithin fügt sich alles hygrometrische Wasser des verbrauchten Gases dem erzeugten Wasser hinzu, sobald das verbrannte Wasserstoffgas nicht trocken ist.

Gesetzt endlich die Gewichte wären auf's Vacuum reducirt und die Gase vollkommen trocken, so würden die Versuche des Hrn. Berzelius doch noch vielen Zweifel über die wahre Zusammensetzung des Wassers übrig lassen, schon dadurch, daſs sie nur mit 10 bis 12 Grammen angestellt sind.

Diese Versuche sind also nicht zahlreich genug; sie sind in einem zu kleinem Maaſsstab angestellt; sie entbehren der unerläſslichen Berichtigungen, welche die daraus abgeleiteten Ziffern vollständig verändern würden;

alle diese Gründe mufsten mich veranlassen sie wieder aufzunehmen.

Meine erste Sorge ging dahin, mir vollkommen reines Wasserstoffgas zu verschaffen. In dieser Beziehung glaube ich nichts zu wünschen übrig gelassen zu haben; wenn ich die sehr einfachen Mittel anwandte, die ich allgemein von den Chemikern bewährt und befolgt gesehen habe, welche seit lange von meinen Versuchen Kenntnifs nehmen konnten.

Die Unreinigkeiten des aus Zink, Wasser und Schwefelsäure erhaltenen Wasserstoffs können bestehen aus Stickstoffoxyde, schwefliger Säure, Arsenik- und Schwefelwasserstoff. Die Stickstoffoxyde kommen von unreiner Schwefelsäure; man mufs sich also zuvor von deren Reinheit überzeugen. Die schweflige Säure findet sich zuweilen in der Schwefelsäure, die man versucht hat durch einen Strom schwefliger Säure von den Stickstoffverbindungen zu trennen. Vom Wasserstoff mit fortgerissen und diesem folgend würde sie sehr bedeutende Fehler veranlassen. Arsenik- und Schwefelwasserstoffgas, besonders das letztere, zeigen sich fast beständig bei diesen Versuchen.

Man mufs also reine Schwefelsäure anwenden und das Gas durch einige geeignete Reagenzien leiten, um ihm die beigemengten Spuren von Schwefelwasserstoff und Arsenikwasserstoffgas zu nehmen. Eine Lösung von salpetersaurem Bleioxyd hält den Schwefelwasserstoff zurück, eine von schwefelsaurem Silberoxyd den Arsenikwasserstoff. Ich schütte diese Lösungen in U-förmige Röhren, gefüllt mit Glasstücken, wodurch die Flüssigkeiten eine für die Wirkung, die sie ausüben sollen, gehörig grofse Oberfläche erhalten. Gewöhnlich bildet am Schlusse der Versuche in den Röhren, die fast ein Meter lang sind, der farbige Theil eine Zone von kaum über drei oder vier Centimetern.

Hierauf geht das Gas durch ähnliche Röhren voll

Bimstein, befeuchtet mit einer concentrirten Kalilauge; von da in eine Röhre, die gewöhnliches Kali in Stücken enthält, endlich in eine andere, die zuvor geglühtes Aetzkali einschliefst.

Das so gereinigte Wasserstoffgas ist vollkommen geruchlos; ich habe oft wohl hundert Liter entwickelt, ohne den mindesten Geruch zu verspüren. Allein es ist noch nicht trocken. Zur Austrocknung desselben habe ich bald concentrirte Schwefelsäure, bald wasserfreie Phosphorsäure angewandt. Die Schwefelsäure ist sehr zweckmäfsig, wenn man im Winter operirt oder wenn man die Austrocknungsröhren, durch Umhüllung mit Eis, auf Null erhält. Wurde wasserfreie Phosphorsäure angewandt, so zertheilte ich sie mittelst grofser Stücke Bimstein.

Das reine und trockne Wasserstoffgas wird einige Stunden lang aufgeopfert, um damit alle Luft aus den Apparaten zu treiben.

Das Kupferoxyd bringt man in einen Ballon von sehr hartem Glase, worin es einen ganzen Tag im Glühen erhalten werden kann, ohne dafs der Ballon seine Gestalt, ja nicht einmal den Glanz seiner Oberfläche einbüfst. Zum Erhitzen benutzte ich Weingeistlampen mit doppeltem Luftzug von neuer Construction, worin ich den Alkohol mittelst einer Hülle von Wasser auf einer niederen Temperatur erhalte.

Die zu diesen Versuchen angewandten Ballone lieferte mir der Baron von Klinglin, der in seinen schönen Glashütten in den Ebenen von Walsch und Valeristhal alle Glasgeräthe, deren der Chemiker bedarf, von hartem Glase macht. Es sind Kugeln mit zwei Hälsen, einem kurzen, durch welchen der Wasserstoff eintritt, und einem weit längeren, durch welchen der Ueberschufs dieses Gases und das gebildete Wasser fortgeht. Die eigenthümlichen Schwierigkeiten, welche die Anfertigung dieser Kugeln darbieten, haben tausenderlei

Hindernisse in den Weg gelegt, die aber endlich doch überwältigt wurden. Zuletzt habe ich Ballone erhalten, die wohl gekühlt waren, um allen Temperaturwechsel zu widerstehen, dabei hart genug, um einer längeren Rothglühhitze ohne Verlust ihres Glanzes zu ertragen, und versehen mit einem Hals von einem Meter Länge, in welchem die Erkaltung und Verdichtung des gebildeten Wassers stattfand.

Nach Einführung des Kupferoxyds in den Ballon, befestigt man auf dem kurzen Hals einen Hahn, und schliefst die entgegengesetzte Seite mittelst eines Würfels (*dé*) von Kautschuck. Nachdem man sich überzeugt, dafs das System das Vacuum hält, leitet man einen mittelst Schwefelsäure getrockneten Luftstrom durch die Kugel, und erhitzt diese bis zur Rothgluth. Sind sonach 15 bis 20 Liter Luft durchgeleitet worden, so zieht man die Lampe fort, und läfst den Apparat erkalten, während noch 15 bis 20 andere Liter trockne Luft hindurchgehen.

Ist sonach alle zufällige Feuchtigkeit entfernt und der Ballon vollständig erkaltet, so macht man ihn luftleer und wägt ihn. Man verificirt das Vacuum und wägt abermals. Hierauf verbindet man ihn mit dem Apparat, aus welchem sich Wasserstoff entwickelt.

Man ajustirt die zur Auffangung des flüssigen Wassers bestimmten Apparate und die Austrocknungs-Röhren, welche das hygrometrische Wasser des überschüssigen Gases zurückhalten sollen. Diese Röhren sind genau so eingerichtet wie die vor dem Kupferoxyd befindlichen. Sie werden zuvor gewogen, so dafs man, wenn man sie nach dem Versuch wieder wägt, das Gewicht des gebildeten Wassers hat.

So wie das Kupferoxyd dunkelroth glüht, beginnt die Reduction, und das Wasser rieselt in Fülle; allein nach Ablauf einiger Stunden verlangsamt sich die Wasserbildung, und erst nach zehn bis zwölf Stunden ist sie beendigt. Es ist daher kein Leichtes, zum wenigsten

16 bis 18 Stunden auf die Ausführung eines jeden Versuches zu verwenden, abgesehen davon, dafs die vorläufigen Einrichtungen mir beständig zwei bis drei Tage Arbeit kosteten.

Wenn ich hinzufüge, dafs ich bei meinen verschiedenen Versuchen mehr als ein Kilogramm Wasser erhielt, welches ich der Academie vorzeige; dafs es das Product von neunzehn Operationen ist, deren Zahlen in nachstehender Tafel vereinigt sind; endlich, dafs ich, mitgezählt die durch Zufall verunglückten, nicht weniger als 40 bis 50 solcher Versuche angestellt habe, so wird man sich eine richtige Idee von der Zeit und Mühe machen, die mir diese Bestimmungen gekostet haben.

Ich mufs sogar hinzufügen, dafs die nothwendige Dauer dieser Operationen, welche mich zwang, die Arbeit bis tief in die Nacht zu verlängern, und meistens die Wägungen um zwei und drei Uhr Morgens vorzunehmen, eine reelle Fehlerquelle ausmacht. Ich wage nicht zu behaupten, dafs solche Wägungen eben so viel Zutrauen verdienten, wie wenn sie unter günstigeren Umständen und von einem nicht durch 15- bis 20stündige unausgesetzte Aufmerksamkeit ermüdeten Beobachter ausgeführt worden wären.

Synthese

Trocknende Säure [1]).	Gewicht des luftleeren Ballons mit Kupferoxyd.	mit reducirtem Kupfer.	der Gefäfse zur Auffangung des Wassers.	mit dem erhaltenen Wasser.
S	291,985	278,806	480,807	495,634
-	344,548	324,186	488,227	511,132
-	316,671	296,175	439,711	462,764
P	625,829	568,825	884,190	948,323
S	804,546	728,182	887,331	973,291
-	533,726	490,155	867,159	916,206
-	661,915	627,104	839,304	878,482
P	612,625	566,738	824,624	876,244
-	904,643	844,612	822,660	890,246
S	642,325	590,487	741,095	799,417
P	587,645	535,137	874,832	933,910
-	673,280	613,492	931,487	998,700
S	660,855	598,765	682,374	752,273
-	642,325	590,487	741,097	799,455
-	937,845	881,362	1064,762	1128,319
P	756,352	719,563	878,640	920,030
-	754,162	720,000	887,817	926,275
-	759,762	727,632	888,662	924,837
-	747,652	716,825	877,862	912,539

Ich that mein Bestes, und indem ich hier alle Umstände meiner Versuche angab, hatte ich nur den einzigen Zweck, die Chemiker in den Stand zu setzen, ihren Werth zu würdigen, und die etwaigen Fehler aller Art, welche sie mit sich führen können, zu beurtheilen.

Wenn man glaubte, diese Versuche liefsen sich abkürzen, so würde man bald sehen, dafs dem nicht so ist. Zusammengefafst bestehen sie nämlich aus folgenden Operationen:

1) Entwicklung von Wasserstoff in dem Apparat, um die Luft auszutreiben.

1) *S* und *P* bedeuten Schwefelsäure und Phosphorsäure.

des Wassers.

Gewicht		Rohes Aequivalent des Sauerstoffs.	Aequivalent des Wasserstoffs bericht. wegen d. in der angewandt. Schwefels. enth. Luft.
des verzehrten Sauerstoffs.	des erhaltenen Wassers.		
13,179	14,827	1250,5	1249,6
20,362	22,905	1249,0	1248,0
20,495	23,053	1248,1	1247,2
57,004	66,044	1250,6	1249,0
76,364	85,960	1256,2	1254,6
43,571	49,047	1256,3	1255,0
34,811	39,178	1254,6	1253,3
45,887	51,623	1250,0	1249,0
60,031	67,586	1258,3	1255,1
51,838	58,320	1250,4	1248,9
52,508	59,078	1251,2	1249,0
99,789 [1])	67,282	1253,3	1250,8
62,090	69,899	1257,7	1254,8
51,838	58,360	1258,1	1256,2
56,483	63,577	1255,8	1252,2
36,789	41,390	1250,6	1249,1
34,162	38,458	1257,3	1255,1
32,133	36,175	1257,5	1254,7
30,827	34,677	1248,8	1248,0
	Mittel	1253,3	1251,5

2) Wägung des Ballons voll Kupferoxyd und geleert von Luft.

3) Wägung der zur Auffangung des Wassers bestimmten Apparate.

4) Ajustirung des Apparats.

5) Reduction.

6) Erkaltung des Apparats bei unterhaltenem Wasserstoffstrom.

7) Wägung des Ballons erkaltet und geleert von Wasserstoff.

8) Vertreibung des Wasserstoffs aus den das Wasser

1) Wohl 59788 O und 67213 H. *P.*

enthaltenden Apparaten mittelst eines Stroms trockner Luft.

9) Wägung der das Wasser enthaltenden Apparate.

Wohl verstanden unter Voraussetzung, daſs der ganze vorherige Tag zur Hinüberleitung trockner Luft über das heiſse Oxyd und zur Vorbereitung aller Wägungen geopfert worden ist.

Freilich könnte man die Versuche abkürzen, wenn man die bei jedem zu erzeugende Wassermenge verringern wollte; allein man muſs einen besonderen Umstand in Obacht ziehen, um zu beurtheilen, bis zu welchen Punkt diese Verringerung erlaubt wäre.

Unter allen Analysen, die ein Chemiker vornehmen kann, schlieſst die des Wassers die meiste Unsicherheit ein. In der That ein Theil Wasserstoff verbindet sich mit acht Theilen Sauerstoff zur Bildung von Wasser, und nichts würde genauer seyn als die Analyse des Wassers, wenn man den Wasserstoff und das aus seiner Verbrennung entstehende Wasser wägen könnte.

Allein unter dieser Form ist der Versuch unmöglich. Wir sind genöthigt das Wasser und den zu seiner Bildung verbrauchten Sauerstoff zu wägen, um, durch den Unterschied, das Gewicht des darin eingegangenen Wasserstoffs herzuleiten. Ein Fehler von $\frac{1}{90}$ in dem Gewicht des Wassers oder von $\frac{1}{80}$ in dem Gewicht des Sauerstoffs, afficirt um eine Gröſse gleich $\frac{1}{90}$ oder $\frac{1}{80}$ das Gewicht vom Wasserstoff. Fallen diese Fehler in gleichen Sinn, so addiren sie sich, und man hat Fehler, die bis $\frac{1}{40}$ gehen.

Man darf sich also nicht wundern, wenn die HH. Berzelius und Dulong das Atomgewicht des Wasserstoffs in der That nur bis $\frac{1}{60}$ genau bestimmt haben. Was allein verwundern muſs, ist, daſs sie glaubten, diese Bestimmung erreiche eine Genauigkeit bis $\frac{1}{1000}$.

Ich würde mich glücklich schätzen, wenn die Zukunft zeigte, daſs meine Versuche das Atomgewicht des Was-

Wasserstoffs bis auf $\frac{1}{300}$ genau geben; ich wäre gern bis $\frac{1}{1000}$ gelangt, vermochte es aber nicht, und überlasse daher geschickteren Händen das Verdienst so weit zu gelangen. Es ist mir begegnet, dafs, in dem Maafse als ich das Gewicht des gebildeten Wassers und die Dauer der Versuche vergröfserte, Fehlerquellen eintraten, welche die Genauigkeit verringerten.

Wie dem auch sey, so kann doch das Atomgewicht des Wasserstoffs kaum unter 12,50 liegen, wenn das des Sauerstoffs durch 100 vorgestellt wird. Meine Versuche setzen es zwischen 12,50 und 12,56, und wenn sie auch vom philosophischen Gesichtspunkt einiges zu wünschen übrig lassen, genügen sie doch überreichlich allen practischen Bedürfnissen.

Ein Chemiker, der das Wasser als aus 1 Wasserstoff und 8 Sauerstoff gebildet ansieht, wird niemals Gefahr laufen, bei seinen Versuchen oder Rechnungen einen Fehler zu begehen, weil er gefunden hat, dafs dasselbe enthält:

Sauerstoff	und	Wasserstoff
8 Sauerstoff	und	1 Wasserstoff
80	- - -	10
800	- - -	100
8000	- - -	1001 oder 1003.

Ich weifs jetzt, welche Fehlerquellen mir begegnet sind, und durch welche Mittel ich sie zu vermeiden habe. Vielleicht werde ich diese Untersuchung dereinst wieder aufnehmen, da ich sie für eine der feinsten und wichtigsten der Physik halte. In der That, wenn die Molecüle der elementaren Körper sämmtlich Multipla von denen des Wasserstoffs sind, so kann Keiner voraussehen, zu welchen Folgerungen eine solche Relation die Chemiker führen werde, wenn diese wagen sich derselben anzuvertrauen.

Die Dichtigkeit des Wasserstoffgases kann uns in dieser Hinsicht nichts mehr lehren als was wir aus der Analyse des Wassers selbst ableiten können. Hr. Bous-

singault und ich haben gefunden, dafs diese Dichte zwischen 0,0691 und 0,695 liegt, Zahlen die merklich gröfser sind als die von den HH. Berzelius und Dulong gegebenen: 0,0687 bis 0,0688.

Die von den HH. Berzelius und Dulong bestimmten Dichtigkeiten der Gase sind im Allgemeinen zu gering, ausgenommen beim Stickstoff. Wahrscheinlich rührt diefs her von einem Fehler in der Messung der Temperatur und von einer zufälligen Vermengung des gewägten Gases mit Luft.

Könnte man die Dichte des Wasserstoffs so genau bestimmen, dafs sich für die vierte Decimale einstehen liefse, so würde diefs für die gegenwärtige Erörterung sehr wichtig seyn. Allein es bedürfte dazu einer grofsen Zahl von Wägungen, und bisher sind deren nur fünf ausgeführt. Späterhin werden wir das dabei befolgte Verfahren und den Mittelwerth der erhaltenen Resultate kennen lehren.

Gegenwärtig will ich nur feststellen, was Hrn. Berzelius's Bestimmungen der Atomgewichte und insbesondere dessen Synthese des Wassers in der vom Dr. Prout erhobenen Frage unentschieden lassen. Es ist mir nicht unbekannt, dafs der Dr. Turner in England vor einigen Jahren untersucht hat, ob die von Hrn. Berzelius gegebenen Atomgewichte mehr der Erfahrung entsprächen als die aus den Ansichten des Dr. Prout hervorgehenden, und dafs er Hrn. Berzelius Recht gegeben; allein ich mufs hinzufügen, dafs Turner keine hinreichend empfindliche Methode anwandte, um die Frage zu entscheiden.

Aus meiner eigenen Erfahrung mufs ich schliefsen, dafs das Gewicht eines Wasserstoff-, Kohlenstoff-, Stickstoff- und Sauerstoffmolecüls in den Verhältnissen 1 : 6 : 7 : 8, stehen, Verhältnisse, die fast unbedeutende Fehler einschliefsen.

Um ihre Genauigkeit zu bestätigen und die anderen

Atomgewichte zu controliren, mufs man den durch die neue Analyse der Kohlensäure geöffneten Weg betreten, d. h. Analysen oder Synthesen in einem grofsen Maafsstabe unternehmen, und sehr einfache Reactionen sehr reiner Körper benutzen.

Aus dem Grunde will ich hier als Beispiel die Analyse des Kalkspaths geben. Der dazu verwandte war von Hrn. E. Robert gesammelt und mir zu meinen Versuchen überlassen. Nach einer mit 30 Grm. angestellten Analyse enthält derselbe:

Kohlensauren Kalk	29,991	9997,0
Kieselerde	0,004	1,3
Eisenoxyd	0,005	1,7
Bittererde	Spur	Spur
Manganoxyd	Spur	Spur
	30,000	1000,0.

Geglüht, bis er nichts mehr an Gewicht verlor, lieferte dieser Kalkspath nach drei Versuchen folgende Resultate, wobei die Wägungen auf's Vacuum reducirt sind.

Gewicht des Kalkspaths.	Gewicht des Kalks.	Kalk in 100.
49grm.,916	28,016	56,12
50 ,497	28,305	56,04
64 ,508	36,167	56,06.

Bestätigen sich diese sehr einfachen, leicht wiederholbaren Versuche durch neue, so mufs daraus geschlossen werden, dafs das Atomgewicht des Calciums genau das zwanzigfache des Wasserstoffs ist.

Ich sagte, und wiederhole es, dafs alle Atomgewichte einer sorgsamen Revision bedürfen; dafs, ohne die Meinungen des Dr. Prout anzunehmen oder zu verwerfen, ich einzugestehen genöthigt bin, dafs sie im Allgemeinen mit meinen eigenen Versuchen übereinstimmen, dafs also den Untersuchungen eine fruchtbare Bahn geöffnet ist,

dort, wo man jede fernere Untersuchung für überflüssig halten konnte. Seit lange mit Arbeiten anderer Natur beschäftigt, kann ich diese Richtung nicht verfolgen; allein ich hoffe, dafs sie nicht lange unbenutzt bleiben, vielmehr der Wissenschaft bald Früchte tragen wird.

X. *Ein Adhäsionsphänomen; beobachtet vom Dr. E. Biewend in Clausthal.*

Damit beschäftigt mir eine kleine Skale von Gold-Platin und Gold-Silberlegirungen zu pyrometrischen Versuchen darzustellen, schmolz ich mehrere Stückchen chemisch und mechanisch reinen Goldes vor dem Löthrohre auf Kohle zu Kugeln von etwa 1 Millimeter Durchmesser, welche nach dem Erstarren in ein Porcellanschälchen zusammengeworfen wurden. Mit einigem Erstaunen bemerkte ich später, dafs mehrere dieser Goldkugeln zu zwei oder drei so fest an einander hafteten, dafs es schien, als wären sie an einem Punkte ihrer Oberfläche an einander geschmolzen. In diesem Zustande die eine Kugel mit einer Pincette gefafst, blieb die andere in jeder Richtung unbeweglich sitzen, und konnte selbst durch heftiges Aufstauchen der die Pincette haltenden Hand nicht abgeworfen werden.

Nach der Trennung zweier Kugeln hafteten dieselben oft von Neuem beim Zusammenbringen an einander, wenn die Oberflächen noch rein waren; aber ein Berühren derselben und längeres Liegen an der Luft scheint diese Aeufserung gegenseitiger Anziehung ganz aufzuheben.

Beim Silber konnte ich diese auffallende Adhäsionserscheinung nicht wahrnehmen (vermuthlich weil die Cohäsion des Silbers schon bedeutend geringer als die des Goldes ist, und weil dasselbe im geschmolzenen Zustande schwieriger mit vollkommen reiner Oberfläche darzustel-

len ist), wohl aber bei Legirungen von Gold und Silber, selbst wenn das Gold nur 50 Proc. der Legirung betrug.

Ob ich auch Gold-Platinlegirungen in dieser Beziehung untersucht habe, ist mir nicht mehr gegenwärtig.

Das Anhaften der Kügelchen an einander scheint durch Wärme sehr befördert zu werden.

Wenn nun auch jene Beobachtung von keinen besonderen Folgen zu seyn scheint, so könnte dieselbe doch vielleicht ein kleines interessantes Experiment liefern, durch welches man auch ohne Luftpumpe erweist, daſs Flächenanziehung oder Adhäsion vom Luftdruck unabhängig existirt, und daſs die Anziehungserscheinungen (der Adhäsion oder auch der chemischen Verwandtschaft) zwischen zwei dazu befähigten Körpern schon durch eine äuſserst dünne Scheidewand eines fremden Körpers verhindert werden aufzutreten. Wäre dieſs nicht, so würde es ja ein Leichtes seyn die Gröſse der Vezwandtschaft der verschiedenen Körper mit Genauigkeit relativ in Zahlen auszudrücken.

XI. *Saponit und Rosit, zwei neue Minerale; untersucht von L. F. Svanberg.*

(Aus den *K. Vetensk. Handling.*, mitgetheilt vom Hrn. Verf.)

Saponit.

Dieſs Mineral hat in seinen äuſseren Kennzeichen viele Aehnlichkeit mit dem Seifenstein oder Soapstone der deutschen und englischen Mineralogen. Bei uns ist ein hieher gehöriges Fossil bis jetzt noch nicht gefunden und beschrieben worden, weshalb es mir erlaubt seyn mag, die Aufmerksamkeit auf das gegenwärtige zu lenken, welches im Kirchspiel Svärdsjö in Dalarne vorkommt, theils

in der nunmehr verlassenen Brusksveds-Grube, theils in der Svartviks-Grube. Am letzteren Ort kommt es in Nestern von höchstens zwei Zoll Mächtigkeit vor, und ist, wenn es im feuchten Zustand aus der Grube genommen wird, so weich, dafs es sich gewöhnlich wie Butter ausstreichen läfst, weshalb auch einige Bergleute, als sie es zuerst antrafen, glaubten einen Stoff gefunden zu haben, der die Butter ersetzen könnte, zu ihrer Verwunderung aber bald erfuhren, dafs er ganz von dieser verschieden sey. An der Luft erhärtet das Mineral allmählig, zerfällt aber beim Trocknen gröfstentheils zu einem lockeren Pulver, wiewohl es zuweilen auch glückt Stücke zu erhalten, mit welchem diefs nicht der Fall ist. Die Ursache, dafs der gröfste Theil der hieher gehörigen Massen beim Trocknen so leicht zerfällt, scheint darin zu liegen, dafs das Mineral so selten als eine zusammenhängende und compacte Masse vorkommt, sondern gröfstentheils fein eingesprengt und vertheilt in seinem Muttergestein.

Das Mineral, so wie es ist nach dem Trocknen und Erhärten an der Luft, hat eine unbedeutende Härte, etwa gleich der des Talks oder etwas darunter, so dafs es leicht mit dem Nagel geschabt werden kann. Im Wasser zerfällt es schnell. Von Salzsäure wird es in der Wärme leicht gelöst, auch von Schwefelsäure in der Kälte zersetzt, doch etwas langsam; hat man hiebei nicht reine Stücke des Minerals, so entwickeln sich kleine Gasblasen, bestehend aus Kohlensäure, die von eingemengtem Bitterspath herrührt. Das Mineral ist theils farblos, theils zieht es sich in's Gelbe und Rothe. Es ist ganz ohne Blätterdurchgänge und vollkommen derb. Im Bruch schwach, aber etwas glänzend; Strich glänzend. Es ist fettig und schlüpfrig anzufühlen, hängt nicht an der Zunge; schwach durchscheinend.

Im Kolben vor dem Löthrohr giebt es reichlich Was-

ser und zeigt einen geringen Gehalt an Bitumen. Für sich in dünnen Splittern schmilzt es zu einem weifsen blasigen Email, doch läfst sich keine ganz geflossene Kugel erhalten, sondern nur ein an der Oberfläche schlakkiges Glas. Von Borax wird es gelöst; zu Phosphorsalz gesetzt hinterläfst es ungelöst ein Skelett von Kieselerde. Mit Soda schmilzt es zu einem undurchsichtigen Glase. Bei einem vergleichenden Löthrohrversuch mit Soapstone von Cornwall zeigte sich dieser etwas leichter schmelzbar, sowohl für sich, als mit Soda.

Die chemische Untersuchung dieses Minerals wurde folgendermafsen bewerkstelligt. Das fein geriebene und geschlemmte Pulver wurde über Schwefelsäure im Exsiccator (nicht im Vacuo) in gewöhnlicher Temperatur mehre Tage lang getrocknet, bis es nichts mehr an Gewicht verlor. Darauf geglüht, gab der Gewichtsverlust den Wassergehalt, zugleich mit dem geringen Gehalt an Bitumen zu erkennen. Das so geglühte Pulver, welches jetzt schwer von Säure angegriffen ward, wurde mit kohlensaurem Kali-Natron gebrannt, dann in schwacher Säure gelöst, und die Kieselerde durch Eintrocknen abgeschieden. Die nach Befeuchtung mit Salzsäure behandelte Masse wurde in Wasser gelöst und die zurückgebliebene Kieselerde abfiltrirt, durch Wiederauflösung in kohlensaurem Alkali in der Wärme auf ihre Reinheit geprüft, und eben so behandelt wie das geglühte Mineralpulver. Der Lösung, die bei Absonderung der Kieselerde durch's Filtrum gegangen war, wurde ein grofser Ueberschufs von Salmiak und dann kohlensaures Ammoniak hinzugesetzt. Der entstandene Niederschlag von Thonerde und Eisenoxyd wurde fast vollkommen ausgewaschen, auf's Neue in Salzsäure gelöst, gemengt mit Salmiak und abermals mit kohlensaurem Ammoniak gefällt, endlich Thonerde und Eisenoxyd vollkommen ausgewaschen mit Wasser, dem etwas kohlensaures Ammoniak hinzugesetzt war. Der durch kohlensaures Ammoniak erhaltene Niederschlag

wurde getrocknet, geglüht, gewägt, aufgelöst in Salzsäure, dabei das Gewicht der eingemengten Kieselerde bestimmt und die Thonerde mittelst eines hinzugesetzten Ueberschusses von Aetzkali ausgezogen, dann das ungelöst gebliebene Eisenoxyd nach Auflösung in Salzsäure mit bernsteinsaurem Natron gefällt, und die nach Abfiltrirung erhaltene Flüssigkeit mit kohlensaurem Kali auf Mangan und Talk untersucht. Das Gewicht der Thonerde ergab sich dann durch Subtraction des Gewichts aller übrigen Bestandtheile von dem gemeinsamen Gewicht Aller.

Die gemeinsamen Lösungen, welche nach Abfiltration des mit kohlensaurem Ammoniak erhaltenen Niederschlags durchgegangen waren, wurden zur vollständigen Verjagung des kohlensauren Ammoniaks erwärmt, eingedunstet, und der dabei entstandene Niederschlag warm in Salzsäure gelöst. Die Lösung, schwach mit Aetzammoniak übersättigt, lieferte immer einen geringen Niederschlag von einigen Grammen, welcher sich als Thonerde ergab, die von dem grofsen Ueberschufs des vorhin zur Fällung angewandten kohlensauren Ammoniaks aufgelöst worden war. Nach Abfiltration dieser Thonerde wurde die Kalkerde warm mit oxalsaurem Ammoniak gefällt, nach Absonderung des Kalks die Talkerde aus der Lösung gefällt durch phosphorsaures Natron, dem etwas Aetzammoniak zugesetzt worden, und das Waschwasser, nach Auslaugung der phosphorsauren Ammoniak-Talkerde, abermals mit phosphorsaurem Natron gefällt. Der Gehalt an Talkerde in der geglühten phosphorsauren Talkerde wurde zu 36,67 Proc. berechnet.

Auf solche Weise fand sich die procentische Zusammensetzung des Brusksveder Minerals:

Kieselsäure	50,8	Sauerstoff:	26,44		5
Talkerde	26,5		10,26	10,47	2
Kalk	0,7		0,21		
Thonerde	9,4		4,39	5,02	1
Eisenoxyd	2,0		0,63		
Wasser	10,5		9,24		2
	99,9.				

Beim Versuch, durch Trocknen in einer von 80° bis 90° schwankenden Temperatur, das hygroskopische Wasser zu entfernen, wurden 11,0 Proc. Wasser erhalten. Dagegen war der Wassergehalt des Minerals ohne vorherige Trocknung 23,9 Procent, was genugsam die grofse Neigung desselben für hygroskopische Feuchtigkeit beweist.

Nach der gefundenen Zusammensetzung erhält das Mineral die mineralogische Formel $2MS^2 + AS + 2Aq$ oder die chemische:

$$2\dot{M}^3 \dddot{S}^2 + \dddot{Al}\dddot{S} + 6\dot{H}.$$

Diese Zusammensetzung kann auf keine Weise aus einer der beiden Analysen hergeleitet werden, die Klaproth von dem Soapstone von Cornwall gemacht hat [1]), und deren Resultate sind:

Kieselsäure	48,0	45,00
Talkerde	20,5	24,75
Thonerde	14,0	9,25
Eisenoxyd	1,0	1,00
Kali		0,75
Wasser	15,5	18,00
	99,0	98,75.

Ich habe daher den englischen Soapstone auf's Neue untersucht, wozu mir das Material von Hrn. Baron Berzelius gütigst mitgetheilt wurde. Nach obiger analytischer Methode habe ich für die procentische Zusammensetzung desselben gefunden:

1) Dessen Beiträge, II. 187 und V. 24.

Kieselsäure	46,8	Sauerstoff:	24,32	
Talkerde	33,3		12,91	13,10
Kalk	0,7		0,19	
Eisenoxyd	0,4		0,13	3,87
Manganoxyd	Spur			
Thonerde	8,0		3,74	
Wasser	11,0		9,86	
	100,2.			

Diese Zusammensetzung weicht sehr stark ab sowo von Klaproth's Analyse desselben Minerals als vc meiner Untersuchung des Brusksveder Minerals. S zeigt, dafs diese Mineralien, ungeachtet der Ueberei stimmung in ihrem Aeufsern, doch in dem Verhältni ihrer Bestandtheile ganz verschieden sind, und zwei b sondere Minerale ausmachen. Ich habe das schwedisc Mineral mit einem eigenen Namen belegt, dem: *Sapon* von Sapo, Seife. Am meisten in chemischer Hinsic stimmt mit dem Saponit das von Zoblitz, in Sachsen, he stammende Mineral, welches Pfaff zerlegt und unter de Namen *Kerolith* beschrieben hat. Nach Berechnung di ser Analyse erhielte der Kerolith die mineralogische Fo mel; $2MS^2 + AS + 4Aq$.

Wie dagegen der englische Soapstone zusammeng setzt betrachtet werden müsse, fällt nicht so leicht in d Augen, denn die Sauerstoffgehalte der Talkerde, Tho erde, Kieselsäure und Wasser verhalten sich wie 7 : : 13 : 5, was sich nicht leicht auf ein wahrscheinlich Verhältnifs bringen läfst, wenn man nicht annehmen wi das Mineral sey eine Verbindung zweier wasserhaltig Silicate, gemäfs der Formel:

$$(2AS + 3MS + Aq) + 4(MS^2 + Aq).$$

R o s i t.

Bei Åkers Kalkbruch in Södermanland, wo die gr fsen Spinelle vorkommen, bemerkte ich schon vor ei

gen Jahren in dem Kalke zuweilen gewisse rothe Körner, welche sich bei näherer Untersuchung als ein neues Mineral erwiesen, das ich hier beschreiben will.

Das Mineral kommt sparsam eingesprengt im spāthigen Kalk vor, und ist, wenigstens von mir, nicht in dem dichten und körnigen angetroffen. Die Körner sind meistentheils nicht gröſser als ein Hanfkorn, doch hat man sie zuweilen auch gröſser gefunden. Die Farbe des Minerals ist roth, vom schwachen Rosenroth bis Braunroth, doch ist das Rosenroth die gewöhnlichste Farbe. Es kommt nicht krystallisirt vor, sondern man erhält es, nach Auflösung seines Muttergesteins in schwacher Salzsäure, in knospigen unregelmäſsigen Körnern, ohne Spur von Krystallisation. Durch langes Kochen mit Salzsäure wird es träg zersetzt, unter Zurücklassung pulvriger Kieselsäure. Im Bruch ist es splittrig, und wenn man gröſsere Körner zerschlägt, kann man einen Blätterdurchgang wahrnehmen, der spiegelnd ist. Es ist halbdurchsichtig. Specifisches Gewicht =2,72. Härte zwischen der des Kalkspaths und des Gypses, fast der des groſsblättrigen Glimmers gleich.

Vor dem Löthrohr im Kolben giebt es Wasser und wird farblos. In der Zange breitet es sich nicht aus, schmilzt aber in dünnen Splittern zu einer weiſsen Schlacke, die sich indeſs nicht zur Kugel schmelzen läſst. Vom Borax wird es gelöst, und während der Lösung entwickeln sich Gasblasen aus dem noch nicht gelösten Theil der Probe. Vom Phosphorsalz wird es langsam gelöst. Die Probe rundet sich im Flusse ab und wird milchweiſs. Mit Soda erhält man ein leicht schmelzbares Glas, dem man viel Soda zusetzen kann, ohne daſs seine Schmelzbarkeit abnimmt. Mit Kobaltsolution giebt es ein dunkelblaues Glas.

Dieſs Mineral ist früher mit Amphodelith verwechselt; aber es unterscheidet sich davon durch seine geringere Härte, die beim Amphodelith zwischen der des Feld-

spaths und Flufsspaths liegt, bei dem neuen Mineral ab
geringer ist als beim Kalkspath. Ueberdiefs ist der Am
phodelith vor dem Löthrohr träger schmelzbar und läf
sich wohl mit äufserst wenig Soda zu Glas schmelze
aber dieses Glas wird von mehr Soda unschmelzbar; w
gegen der Rosit sich leicht mit Soda schmelzen läfst, au
mit einem bedeutenden Ueberschufs derselben. Vom B
rax wird der Amphodelith ruhig gelöst, der Rosit ab
unter Gasentwicklung, die so lange dauert als er vo
Flufs gelöst wird. Die leichteste Art, diese beiden M
nerale zu unterscheiden, besteht aber darin, dafs der R
sit im Kolben Wasser ausgiebt, der Amphodelith ab
nicht.

Zur chemischen Zerlegung wurde geschlemmtes Pu
ver angewandt, das bei gewöhnlicher Temperatur d
Luft über Schwefelsäure getrocknet worden war, bis
nichts mehr an Gewicht verlor. Das so getrocknete Pu
ver wurde streng geglüht, wobei der Gewichtsverlust de
Wassergehalt angab, da zuvor gefunden worden, da
dabei nichts anderes als Wasser fortging. Die weiter
Analyse geschah durch Brennen mit kohlensaurem Kal
Natron und durch Lösung der gebrannten Masse in ve
dünnter Salzsäure. Die Kieselsäure wurde ausgelatini
und durch Auflösung in kohlensaurem Natron auf ih
Reinheit geprüft. Dabei mufs bemerkt werden, dafs ma
allemal, wenn Kalkerde in einem Mineral vorhanden i
die Kieselsäure damit bedeutend vereinigt findet, au
wenn man die zuerst eingetrocknete Masse mit einer b
deutend starken Salzsäure befeuchtet. Diefs erklärt si
daraus, dafs ein Kalisilicat beim Verdunsten sich reg
nerirt, welches später nicht von der Salzsäure zerle
wird. Man darf daher das, was bei Auflösung der Ki
selsäure in kohlensaurem Natron ungelöst bleibt, nic
betrachten als unzersetztes Mineral von gleicher Zusa
mensetzung mit dem zur Analyse angewandten, wie o
geschehen ist, sondern mufs diefs in kohlensaurem N

tron Unlösliche, was selten mehr als ein Paar Procent beträgt, einer neuen Brennung mit Alkali unterworfen, in gewöhnlicher Weise auf seine Bestandtheile untersuchen, und die fremden Stoffe subtrahiren von dem zuvor bekannten Gewicht der Kieselsäure. Bei Wiederauflösung der bei der zweiten Brennung erhaltenen Kieselsäure in kohlensaurem Natron erhält man wohl auch das obgemeldete Kalksilicat, aber sein Gewicht ist jetzt so unbedeutend, beträgt nur einige Zehntel eines Milligramms, dafs es, auch wenn nur 1 Gramm des Minerals zur Analyse genommen ward, nur noch auf die Hundertel der Procente Einflufs hat, was wohl einige Sicherheit giebt, weit gröfser als die, welche bei wiederholten Untersuchungen von Stoffen, die mit aller bekannten Schärfe zu bestimmen sind, erlangt werden kann.

Die von der Kieselsäure abfiltrirte Flüssigkeit wurde mit ätzendem Ammoniak gefällt, der Niederschlag gewaschen, abermals für sich gelöst und mit demselben Fällmittel gefällt, dann getrocknet und gewägt. Nun wurde er wieder gelöst, die dabei zurückbleibende Kieselsäure abfiltrirt, dann ätzendes Kali im Ueberschufs hinzugesetzt zur Wiederauflösung der Thonerde. Das in Aetzkali Unlösliche wurde in Salzsäure gelöst, das Eisenoxyd mit bernsteinsaurem Natron ausgefällt, dann das Manganoxydul durch wasserstoffschwefliges Schwefelammonium und die Talkerde durch phosphorsaures Natron ausgeschieden.

Die Lösungen nach den Fällungen mit ätzendem Ammoniak wurden mit oxalsaurem Ammoniak niedergeschlagen, und die Lösung, nach Abfiltrirung des oxalsauren Kalks, mit phosphorsaurem Natron gefällt.

Der Alkaligehalt wurde durch eine besondere Probe bestimmt, durch Behandlung mit Fluorwasserstoffsäure, Austreibung des Fluors mittelst Schwefelsäure, Auflösung der schwefelsauren Salze in Wasser, Fällung mit essigsaurem Baryt und ätzendem Ammoniak, Abdunstung der

Lösung zur Trockne, Zerstörung der essigsauren durch's Glühen, und Wiederauflösung des Löslich Wasser. Das kohlensaure Alkali wurde mit Salz in Chlorid verwandelt und nach dem Glühen ge dann der Kaligehalt mit Platinsalz bestimmt, der derschlag gewägt und der Kaligehalt berechnet, w man, durch Vergleich mit dem Gewicht des Alkal rids, erfuhr, ob Natron zugegen war.

Zur Bestimmung der Alkalien bediente man sich 4 Grammen und zu der der anderen Bestandtheile 1,5 Gramm.

Nach diesem Verfahren wurde folgende procen Zusammensetzung gefunden:

			Sauerstoff:	
	Kieselerde	44,901	23,333	
	Thonerde	34,506	16,116	16,37
	Eisenoxyd	0,688	0,211	
	Manganoxyd	0,191	0,043	
r	Kali	6,628	1,124	2,93
r	Natron	Spur		
r	Kalk	3,592	0,859	
r	Talkerde	2,448	0,947	
r	Wasser	6,533	5,804	
		99,476.		

Die rosenrothe Farbe des Minerals, welche A zu dessen Namen, *Rosit*, gegeben hat, scheint z weisen, dafs das Mangan sich darin als Oxyd bef Zur Bestätigung der Analyse kann ich anführen, da in anderen Versuchen gefunden habe: Kieselerde 4 Thonerde 34,637 bis 34,928 und Wasser 6,653 Pr

Als mineralogische Formel des Fossils ergieb also ungezwungen:

$$(K,\ C,\ Mg)S^2 + 6\,AS + 2\,Aq,$$

welche, in die chemische umgewandelt, wenn man die einatomigen Basen bezeichnet, wird:

$$\dot{r}^3\dddot{S}^2 + 2\dddot{Al}\dddot{S} + 6\dot{H}.$$

Nach Löthrohr- und Härteproben an Stufen, die in Mineraliensammlungen aufbewahrt werden, scheint diefs Mineral, aufser bei Åker, in Baldurstads Kalkbruch, in Södermanland, vorzukommen, eingesprengt als kleine Körner in dichtem Kalk, wie bei Åker.

Mit eben genannten Mineral stimmt gröfstentheils ein anderes, das auch von mir untersucht ward. Dasselbe findet sich in der Kärrgrube, im Kirchspiel Tunaberg in Södermanland, und ward bisher mit Amphodelith verwechselt. Es kommt nicht in so kleinen Körnern vor wie der Rosit, sondern in etwas gröfseren schiefrigen Stükken, eingemengt im dasigen Granit. Nicht krystallisirt. Perlmutterglänzender Blätterdurchgang. Farblos, roth oder zuweilen violett. Bruch, Strich, Durchscheinenheit, specifisches Gewicht, Verhalten zu Säuren und vor dem Löthrohr, alles wie beim Rosit. Härte dagegen gröfser, und gleich der des Flufsspaths.

Die Zerlegung wurde auf gleiche Weise wie beim Rosit bewerkstelligt, und gab für die Zusammensetzung in 100:

Kieselsäure	44,128	Sauerstoff:	22,931	
Thonerde	35,115		16,401	16,696
Eisenoxyd	0,961		0,295	
Manganoxyd	Spur			
Kali	6,734		1,142	3,253
Kalk	5,547		1,558	
Talkerde	1,428		0,553	
Wasser	5,292		4,704	
	99,205.			

Wie es scheint sind die gefundenen Mengen von Talk-, Kalk- und Thonerde etwas gröfser als beim Rosit, die Mengen der Kieselsäure und des Wassers dagegen etwas kleiner. Freilich sind die Unterschiede sehr klein, allein die Sauerstoffmengen bei der Kieselerde, Thonerde, den einatomigen Basen und dem

Wasser verhalten sich wie 14 : 10 : 2 : 3, stimmen also nicht völlig mit denen beim Rosit überein, sondern es entspricht die Zusammensetzung der mineralogischen Formel:

$$2(rS^2+5AS)+3Aq.$$

Dennoch zweifle ich einigermafsen, dafs das Fossil ein vom Rosit verschiedenes Mineral sey, betrachte es vielmehr als eine Abart von demselben, und will die Mineralogen blofs auf einen möglichen Unterschied aufmerksam machen, den noch die Ungleichheit in der Härte beider Mineralien vermehrt. Erst wenn diese beiden Mineralien krystallisirt gefunden werden und ihre Formen sich als gleich oder verschieden erweisen, läfst sich ein bestimmtes Urtheil über ihre etwaige Identität fällen.

Mittlerweile mufs ich anführen, dafs nach gemachten Härteproben, verglichen mit dem Löthrohr-Verhalten, diese Abart des Rosits nicht blofs in der Kärrgrube vorkommt, sondern auch in der Kupfergrube zu Tunaberg, zusammen mit Amphodelith, im Baldurstadt- und Tandsla-Kalkbruch, in Södermanland, bei Garphytta und bei Hällestad.

XII. *Mikroskopische Daguerre-Bilder.*

Mikroskopische Gegenstände zu daguerreotypiren ist schon von mehren Naturforschern, namentlich vom Prof. Göppert in Breslau, versucht worden, aber die Bilder haben noch vieles zu wünschen übrig gelassen. Gelungenere Resultate dieser Art sind kürzlich von Hrn. Prof. Hartig in Braunschweig erhalten. Derselbe nimmt das Ocular- und Collectivglas vom Mikroskope ab und legt auf den Körper desselben die jodirte Silberplatte. Die dann entstehenden Bilder geben die Gegenstände (Staubschüppchen von Schmetterlingsflügeln, Markzellen etc.) zwar nicht stark vergröfsert, sind aber ungemein scharf und deutlich.

1842. ANNALEN №. 10.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LVII.

I. *Ueber die Ausdehnung der atmosphärischen Luft in höheren Temperaturen; von Gustav Magnus.*

In einer früheren Abhandlung[1]) habe ich den Ausdehnungs-Coëfficienten der atmosphärischen Luft, so wie einiger anderer Gasarten zwischen 0° und 100° zu bestimmen gesucht. Das Resultat dieser Untersuchung war, dafs dieser Coëfficient für atmosphärische Luft zwischen dem Eispunkt des Wassers und der Temperatur, bei welcher dasselbe unter einem Drucke von 28 Zoll Par. kocht, gleich 0,366 ist. Für die übrigen Gasarten fand ich andere Coëfficienten. Unter diesen dehnt sich das Wasserstoffgas etwas geringer aus als die atmosphärische Luft, die Kohlensäure etwas stärker, die schweflige Säure aber bedeutend mehr, so dafs der Ausdehnungs-Coëfficient dieser letzteren gleich 0,385 ist.

Diese Resultate wurden unmittelbar nachdem ich sie hier mitgetheilt hatte, durch eine sehr ausführliche Untersuchung von Herrn Regnault[2]) in Paris im allgemeinen bestätigt, nur hatte derselbe den Coëfficienten für Wasserstoffgas etwas gröfser gefunden als den für atmosphärische Luft, und von der schwefligen Säure behauptet er, dafs sie sich wenig mehr ausdehne als diese, nämlich nur um 0,3669.

Eine so grofse Verschiedenheit in den Ausdehnungs-Coëfficienten liefs mich befürchten, dafs die von mir angewandte schweflige Säure vielleicht nicht hinreichend ge-

1) Diese Annalen Bd. LV S. 1.
2) *Annales de Chim. et de Phys. Ser.* III *T.* IV *p.* 1 und d. Annalen LV S. 141.

trocknet war, um so mehr als diefs durch geschmolzenes Chlorcalcium geschehen war, während Hr. Regnault sich mit Schwefelsäure befeuchteter Bimsteinstücke bedient hatte. Ich habe defshalb den Ausdehnungs-Coëfficienten der schwefligen Säure von neuem bestimmt, und dieselbe ganz, wie es Herr Regnault angiebt, durch concentrirte Schwefelsäure getrocknet. Das Resultat war dasselbe als früher. Da aber Herr Regnault bei seinen Versuchen eine grofse Glaskugel angewandt hatte, ich hingegen eine Glasröhre von viel geringerem Inhalte, so könnte man glauben, dafs eine Verdichtung an der Wand des Gefäfses die Verschiedenheit in den Resultaten hervorgebracht hätte. Es wurden defshalb einige Versuche mit einer Glaskugel von 996 Kub. Cent. Inhalt angestellt, aber auch diese lieferten denselben Ausdehnungs-Coëfficienten, so dafs über die Richtigkeit desselben wohl kein Zweifel obwalten kann [1]).

In den vier hier folgenden Versuchen sind I. und II. mit einer Röhre von 80 Kub. Cent. Inhalt; III. und IV. mit der oben erwähnten Kugel angestellt.

I.	0,3847
II.	0,3839
III.	0,3849
IV.	0,3842
Mittel	0,3844

In der gegenwärtigen Arbeit habe ich mich mit der Ausdehnung der atmosphärischen Luft für höhere Temperaturen beschäftigt, oder vielmehr mit einer Vergleichung der Ausdehnung der Luft und des Quecksilbers.

Diese Untersuchung schien nothwendig, da man jetzt

1) Seitdem hat auch Herr Regnault in einer Fortsetzung seiner Untersuchung seine früheren Resultate zurückgenommen und sowohl die geringere Ausdehnung des Wasserstoffgases bestätigt, als auch für die schweflige Säure genau denselben Ausdehnungs-Coëfficienten gefunden als ich. *Annales de Chim. et de Phys. Ser.* III *Tom.* V *p.* 76 und 81, oder das vorhergehende Heft dieser Annalen.

weifs, dafs der Coëfficient für die Ausdehnung der Luft zwischen 0° und 100° um $\frac{1}{37}$ kleiner ist als der, welchen man früher allgemein für richtig annahm, und der bei den älteren Untersuchungen der Ausdehnung in höheren Temperaturen, namentlich bei der der Herren Dulong und Petit zu Grunde gelegt ist. Hätten diese Herren, in ihrer stets klassisch bleibenden Abhandlung über die Ausdehnung der Körper, es nicht für unwerth gehalten, die Originalzahlen, welche sie gefunden hatten, mitzutheilen, so würde es gegenwärtig leicht seyn, die Berichtigungen vorzunehmen, welche durch die Veränderung des Coëfficienten nöthig geworden seyn möchten. Allein diese Originalzahlen fehlen überall und scheinen sich nicht einmal in den nachgelassenen Papieren jener Herren gefunden zu haben. Es war daher eine neue Arbeit unerläfslich, wenn man nicht über dieses Verhältnifs der Ausdehnung, das in so vielfacher Beziehung von Wichtigkeit ist, ungewifs bleiben sollte.

Eine solche Arbeit ist wesentlich verschieden von der früheren über die Ausdehnung der Gase zwischen 0° und 100°; denn die Temperaturen, welche bei jener in Anwendung kamen, nämlich der Eispunkt und der Kochpunkt des Wassers, sind feste, stets leicht hervorzubringende Temperaturen, von denen nur die des kochenden Wassers kleinen Veränderungen durch die Verschiedenheit im Luftdrucke unterliegt, welche indefs einer einfachen Correction fähig sind. Es war defshalb die ganze Untersuchung ohne Anwendung irgend eines Thermometers auszuführen möglich. Ganz anders verhält es sich bei der Bestimmung der Ausdehnung für höhere Temperaturen. Diese sind nur durch die Ausdehnung eines andern Körpers zu bestimmen und zu messen möglich, wefshalb man nur eine Vergleichung zwischen der Ausdehnung des zu untersuchenden und der eines anderen, als Maafs dienenden Körpers vorzunehmen vermag.

Für den letzteren, den als Maafs dienenden Körper, ist hier das Quecksilber benutzt, und zwar, da wir diese Substanz gewöhnlich in Glasgefäfsen anwenden, und die Ausdehnung, welche sie in diesen zeigt, das ist die Differenz der Ausdehnung des Quecksilbers und des Glases oder die anscheinende Ausdehnung, als thermisches Maafs benutzen, so ist auch dieses hier angewandt worden.

Man könnte erwarten, dafs bei einer solchen Vergleichung der Ausdehnung, auch zugleich die absolute Ausdehnung des Quecksilbers bestimmt würde, so dafs durch Einen Versuch die Ansdehnung der Luft, so wie die absolute und die anscheinende Ausdehnung des Quecksilbers, oder was dasselbe ist, die Ausdehnung der Luft des Quecksilbers und des Glases mit einander verglichen würden. Aber eine solche gleichzeitige Bestimmung dieser drei erfordert so viele praktische Erfahrungen für die Messung jeder einzelnen, dafs es kaum wahrscheinlich ist, den Grad der Genauigkeit, um welchen es sich hier handelt, bei der gleichzeitigen Bestimmung zu erhalten, wenn nicht vorher eine vergleichende Bestimmung zwischen der Ausdehnung der Luft und der des Quecksilbers stattgefunden hat.

Die Herren Dulong und Petit haben zwar bei ihrer Messung der absoluten Ausdehnung des Quecksilbers gleichzeitig Luft- und Quecksilber-Thermometer angewendet, so dafs dadurch die gleichzeitige Vergleichung aller drei Ausdehnungen, des Quecksilbers der Luft und des Glases gegeben war, und es bleibt zu bedauern, dafs sie die gefundenen Zahlen, die diese Vergleichung noch jetzt gestatten würden, nicht mitgetheilt haben; aber sie wandten diese verschiedenen Thermometer nur zur gröfseren Controlle an, denn die Vergleichung der Luft- und Quecksilber-Thermometer hatten sie schon früher vorgenommen; wäre diefs nicht der Fall gewesen, so würden sie, bei vorkommenden Abweichungen in den Resultaten, nicht gewufst haben, wo sie den Grund für diesel-

zu suchen hätten. Abgesehen aber hiervon ist die Auf-
:, nicht allein eine Vergleichung der Ausdehnung der
sphärischen Luft und des Quecksilbers anzustellen,
lern auch der verschiedenen Luftarten, sowohl mit dem
cksilber, als unter sich, und für diese ist die Verglei-
ıg der atmosphärischen Luft und des Quecksilbers der
;angspunkt.

Wenn man die Vergleichung der Ausdehnung zweier
ɔer vornehmen will, kömmt es besonders darauf an,
man beide genau derselben Temperatur aussetzt, und
r sorgt, dafs auch wirklich beide diese Temperatur
nommen haben, bevor die Beobachtung vorgenom-
wird. Die Herren Dulong und Petit haben diefs
ırch zu erreichen gesucht, dafs sie ein Oelbad an-
lten, dasselbe durch Kohlfeuer bis zu einer bestimm-
Temperatur erwärmten, darauf alle Züge des Ofens
:hlossen, und so das Oelbad langsam erkalten lie-
Es tritt dann eine Constanz der Temperatur da-
h ein, dafs das Oelbad während einer gewissen Zeit
so viel Wärme abgiebt, als es von dem Kohlfeuer
lt. Während dieser Constanz der Temperatur stell-
sie die Beobachtung an. Allein dieselbe kann, wie
scheint, nur annähernd stattfinden, denn das Oelbad
t sich fortwährend ab, und das Kohlfeuer ändert seine
peratur, selbst bei abgeschlossenem Luftzuge, fort-
end. Annähernd wird sie bei sehr grofsen Oelmas-
allerdings während einiger Zeit vorhanden seyn, al-
es bleibt immer noch übrig zu wissen, ob diese Zeit
hinreichend ist, damit die in dem Oelbade befind-
n Körper vollständig die Temperatur desselben an-
ıen. Ohne besondere Vorsichts-Maafsregeln wird
hierüber stets in Ungewifsheit bleiben.

Ich habe defshalb eine ganz andere Methode ange-
lt. Da es mir, aus früheren Versuchen bekannt ist,
eine Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge, während
: ziemlich bedeutenden *Zeit, oft Stunden* lang, die-

selbe Wärme liefert, so wandte ich dergleichen zum Heizen an, und es ist mir gelungen, mittelst derselben selbst die Temperaturen, welche bis zum Kochpunkte des Quecksilbers hinauf gehen, während längerer Zeit ganz constant zu erhalten.

Bevor ich die Vorrichtung beschreibe, deren ich mich nach mancherlei Abänderungen hierzu bediente, mufs ich erwähnen, auf welche Weise die Ausdehnung der Luft und des Quecksilbers bestimmt wurden. Was die erstere anbetrifft, so geschah diefs ganz so, wie bei der Untersuchung der Ausdehnung der Gase zwischen 0° und 100°. Es wurde auch bei diesen Versuchen nicht eigentlich die Ausdehnung, sondern die Elasticität der Luft gemessen und daraus die Ausdehnung berechnet. Hierzu wandte ich denselben Apparat an als früher; er ist in *ABCDE* Tafel II Fig. 1 abgebildet. Nur die Röhre *DE* mufste verlängert werden. Ebenso geschah das Trocknen der Röhre *LK*, welche die Luft enthielt, so wie das Füllen derselben mit trockner Luft, ganz so wie in den früheren Versuchen; denn es kann wohl nicht als eine Verschiedenheit betrachtet werden, wenn statt des Chlorcalciums, das früher zum Trocknen angewendet worden, jetzt Schwefelsäure benutzt wurde, womit kleine Bimsteinstücke befeuchtet waren.

Die Ausdehnung des Quecksilbers wurde mittelst sogenannter Ausflufs-Thermometer bestimmt, von denen entweder zwei oder vier gleichzeitig derselben Temperatur ausgesetzt wurden, als die Luft. Gewöhnliche Thermometer anzuwenden, schien mir weniger geeignet. Denn wenn dieselben noch die Unterabtheilung eines Grades zu beobachten gestatten sollen, so fällt ihre Skale aufserordentlich lang aus, weil sie bis zur Temperatur des kochenden Quecksilbers hinaufreichen mufs, und es wird dadurch sehr schwierig, stets die ganze Länge dieser Skale derselben Temperatur auszusetzen, als die angewandte Luft. Dieser Uebelstand findet bei den Ausflufs-Ther-

mometern nicht statt, aufserdem kann man dieselben von jeder beliebigen Gröfse anwenden und dadurch die Schärfe der Anzeigen vermehren. Aber sie bieten eine andere Schwierigkeit dar, indem es sehr mühsam ist, sie vollständig auszukochen, das Auskochen selbst ist zwar leicht, aber die Gewifsheit zu erlangen, dafs jede Spur von Luft oder Feuchtigkeit daraus entfernt sey, ist nicht eben so leicht, und oft findet man dergleichen, selbst nachdem man ein Thermometer vier- oder fünfmal hinter einander ausgekocht hat.

Es schien mir vortheilhaft die Spitze der Ausflufs-Thermometer nicht zu biegen, wie man es gewöhnlich zu thun pflegt, weil dadurch der aus dem erwärmten Raum hervorragende Theil des Thermometers länger wird. Ich habe statt dessen ein kleines Glasgefäfs an jedes Thermometer mittelst eines Korks befestigt, wie es die Abbildung zeigt. Dasselbe war mit Quecksilber gefüllt, während das Thermometer ausgekocht wurde, und blieb damit gefüllt, so lange die Temperatur, der es ausgesetzt werden sollte, noch schwankte. War diese aber constant geworden, so wurde dieses Gefäfs abgenommen. Wenn alsdann der Apparat abgekühlt wurde, so blieb alles Quecksilber in den Thermometern, wurde derselbe aber noch erwärmt, wie zum Beispiel wenn die Thermometer in Eis gelegt waren und darauf der Temperatur des kochenden Wassers ausgesetzt werden sollten, so wurde das Glasgefäfs wohl gereinigt wieder an das Thermometer befestigt. Es diente nun zur Aufnahme des Quecksilbers, das bei der Erwärmung heraustrat und das nachher in diesem Glasgefäfse selbst gewogen werden konnte.

Um die Ausdehnung, welche die Thermometer zeigen, in Graden irgend einer Skale ausdrücken zu können, mufs man für jedes die Ausdehnung innerhalb des Fundamentalabstandes der Temperatur, das ist vom Schmelzpunkt des Eises bis zum Kochpunkte des Was-

sers ermitteln. Diefs bewerkstelligte ich ganz auf dieselbe Weise und in demselben Kasten, als in der früheren Abhandlung über die Ausdehnung der Gase zwischen 0° und 100°. Um dann aber die Thermometer und die Luft bei höheren Temperaturen mit einander vergleichen zu können, wurden sie in dem schon vorhin erwähnten Apparate einer constanten Temperatur ausgesetzt.

Derselbe besteht aus einem Kasten von schwarzem Eisenblech *OP* Tafel II Figur 1 und 2, der durch einen übergreifenden Deckel *OR* verschlossen wird. Er ist von drei anderen Kasten von ganz ähnlicher Beschaffenheit so umschlossen, dafs jeder derselben von dem anderen $\frac{5}{8}$ Zoll entfernt ist, und daher zwischen je zwei Kasten eine Luftschicht von dieser Stärke, sowohl oben als unten, als auf jeder Seite vorhanden ist. Die Kasten hängen ineinander, auf eisernen Lappen, die in der Höhe von *T* angebracht sind; so dafs namentlich in den unteren Theilen derselben ein metallischer Zusammenhang ganz vermieden ist. In dem inneren Kasten *OPR* befinden sich die Ausflufs-Thermometer und die Röhre *LK*, welche die Luft enthält. An den Stellen, wo diese aus dem Kasten hervortreten, bei *N*, *U* und *T*, ist eine etwas conische Hülse von Eisen durch alle vier Kasten durchgesteckt. Aehnliche drei Hülsen, wovon zwei in Figur 1 mit *a* und *b* bezeichnet sind, gehen durch die Deckel und dienen dazu, gewöhnliche Thermometer einführen zu können. Der Raum, welcher bei sämmtlichen Hülsen neben den Thermometer-Röhren bleibt, ist mit Kork ausgefüllt.

Um nicht die Hülse für die Röhre *LK* so weit zu machen, dafs diese Röhre hindurch geführt werden konnte, wurde die Hülse *N* oben aufgeschlitzt, ebenso wurden sämmtliche 4 Kasten von oben bis auf die Hülse durchgeschlitzt, so dafs man das enge Rohr *GL* von oben herunter lassen konnte. Die Schlitze in den einzelnen Kasten wurden durch Schieber wieder verschlossen und der der conischen Hülse *N* durch einen Kork, der die

ganze Länge derselben ausfüllte. Aehnliche Vorrichtungen waren auf der gegenüberliegenden Seite des Kastens bei T angebracht, um die Thermometer einlegen zu können.

Unter diesen Kasten befanden sich 10 Spirituslampen mit doppeltem Luftzuge, die sämmtlich aus einem Reservoir W mit Spiritus versehen wurden. Nur für ganz hohe Temperaturen waren alle zehn Lampen erforderlich, für die niedrigeren genügten 4 oder 6. Wenn alle 10 Lampen in vollem Feuer waren, wurde die Hitze so grofs, dafs der Spiritus in den Lampen kochte, und dadurch die Feurung unregelmäfsig machte. Diesem Uebelstande habe ich nach mehreren vergeblichen Versuchen dadurch abgeholfen, dafs ein Schirm aus starkem schwarzen Eisenblech gkl horizontal, unmittelbar unter den Flammen der Lampen, angebracht wurde. Derselbe hat für den Cylinder einer jeden Lampe einen Ausschnitt, der so weit ist, dafs rund um diesen Cylinder ein Raum von $\frac{1}{4}$ Zoll Breite bleibt. Dadurch mufste die ganze Menge der zum Verbrennen nöthigen Luft, theils durch den eben erwähnten Zwischenraum, theils durch den inneren Cylinder hindurch, und hierdurch wurden die Cylinder selbst beständig kalt erhalten. Aufserdem hält dieser Schirm die Wirkung der strahlenden Wärme nach unten ab, und um den Raum unter demselben noch kälter zu erhalten, wurde ein grofser Kasten xy mit kaltem Wasser, das beständig erneut wurde, unter die Lampen gestellt. Zur Vermeidung jeder zufälligen Abkühlung bei dieser Art der Feuerung war ein Schirm $gklmnr$ aus Zinkblech so angebracht, dafs er auf dem horizontalen Schirm gkl ruhte und den Raum über diesem Schirm bis an den oberen Deckel der zu erwärmenden Kasten vollständig umschlofs. Nur für die Ausflufs-Thermometer und die Röhre GL waren Ausschnitte in ihm angebracht.

Durch die dreifache Hülle fand die Erwärmung in dem inneren Kasten aufserordentlich langsam statt, eben so äufserte sich jede kleine Temperatur-Veränderung nur

sehr allmählig und unbedeutend. Ich habe versucht, ein Bad von leichtflüssigem Metall in dem inneren Kasten anzuwenden und zu dem Ende die Röhre *LK* durch zwei mit Kork versehene Schrauben *df* festgeklemmt, allein der Erfolg war nicht günstiger, als wenn ein Luftbad angewendet wurde. Die Temperatur wird an jeder einzelnen Stelle des Kastens bald, d. h. nach $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden, constant, aber sie ist alsdann noch nicht an allen Punkten dieselbe, und man mufs defshalb die Lampen so lange hinauf und herunter schrauben, bis diefs erreicht ist. Die Thermometer *abc* dienen dazu, in dieser Beziehung Gewifsheit zu erlangen.

Trotz aller angewandten Vorsicht finden sich Verschiedenheiten in den Angaben der Ausflufs-Thermometer, die bisweilen, besonders bei höheren Temperaturen, ziemlich bedeutend sind. Es wurde defshalb stets das Mittel aus diesen Angaben genommen. Diefs kann wohl um so mehr als die Temperatur der Luft in der Röhre *LK* betrachtet werden, als die Ausflufs-Thermometer stets symmetrisch um diese Röhre angebracht waren.

Die Art der Beobachtung war folgende: Sobald die durch die Deckel gesteckten gewöhnlichen Thermometer *abc* anzeigten, dafs die Temperatur in dem Kasten *OPR* constant und überall dieselbe sey, suchte ich mich hiervon durch die unveränderte Ausdehnung der Luft, als das empfindlichste Mittel zu überzeugen. Es wurde defshalb das Quecksilber in der Röhre *GM* bis *G* hinaufgeschraubt und beobachtet, ob während wenigstens 5 Minuten die Elasticität der Luft unverändert blieb. Hierfür war es nicht genug, dafs das Quecksilber in der Röhre *DE* seinen Stand unverändert beibehielt, es mufste vielmehr von Zeit zu Zeit heruntergelassen und wieder hinaufgeschraubt werden, weil durch kleine Veränderungen in der Ausdehnung der Luft die ruhende Quecksilber-Säule nicht verändert wird, und diese sich nur zu erkennen geben, indem man die Quecksilber-Säule bewegt.

Wenn die Luft unverändert während dieser Zeit dieselbe Temperatur zeigte, so konnte angenommen werden, dafs diese auch in dem ganzen Kasten *OPR* unverändert geblieben war, weil die Röhre *LK*, welche die Luft enthielt, durch die ganze Länge dieses Kastens sich erstreckte. Alsdann wurde der Stand des Quecksilbers in der Röhre *DE*, so wie die Temperatur dieser Röhre abgelesen. Hierauf wurden die kleinen mit Quecksilber gefüllten Gefäfse von den Spitzen der Ausflufs-Thermometer abgenommen, der Stand des Barometers verzeichnet und dann das Feuer der Lampen ausgelöscht und die Kasten abgekühlt; wenn diefs vollständig geschehen war, wurden die Ausflufs-Thermometer herausgenommen und gewogen.

Die Art der Berechnung der anscheinenden Ausdehnung des Quecksilbers war dieselbe, als in der früheren Abhandlung. Wenn wie dort

$p+\pi$ das Gewicht des Quecksilbers bedeutet, welches ein Ausflufs-Thermometer bei 0° füllt,

π das Gewicht des bei irgend einer Temperatur ausgeflossenen und

p das des zurückpebliebenen Quecksilbers, so ist die anscheinende Ausdehnung desselben von 0° bis zu der angewandten Temperatur gleich $\frac{\pi}{p}$.

Wenn ferner

$\frac{\pi'}{p'}$ die Ausdehnung von 0° bis 100° bezeichnet, so ist dieselbe für jeden Grad der hunderttheiligen Skale gleich $\frac{\pi'}{100p'}$; und folglich ist die Ausdehnung bei irgend einer Temperatur, ausgedrückt in Graden der hunderttheiligen Skale. $T=\frac{100\pi p'}{\pi' p}$.

Eine Correction für diesen Werth ist noch angebracht worden, wiewohl derselbe sich dadurch höchstens

um $0^\circ,05$ *C* änderte. Es war nämlich zwar dafür gesorgt worden, daſs der aus dem Kasten hervorragende Theil der Ausfluſs-Thermometer, so kurz als möglich war, aber weder dieser noch der in dem Korke der Hülsen *U* und *T* befindliche Theil derselben, konnten die Temperatur des inneren Kastens annehmen. Hierfür bedurfte es einer Correction, bei der ich davon ausging, daſs die in dem Kork und auſserhalb der Kasten befindlichen Theile der Thermometer die Temperatur der umgebenden Luft hätten. Da diese letztere nur unbedeutend schwankt, so glaube ich keinen erheblichen Fehler zu begehen, wenn ich sie als constant betrachte. Dann aber dehnt sich das in diesen Theilen enthaltene Quecksilber nicht aus und man braucht daher dasselbe nur ein für alle Mal von dem Gewichte des zurückbleibenden Quecksilbers p in Abzug zu bringen. Bezeichnet daher

ψ das Gewicht des Quecksilbers, welches bei der Temperatur der umgebenden Luft diese Theile füllt, so ist die anscheinende Ausdehnung des Quecksilbers, ausgedrückt in Graden der hunderttheiligen Skale

$$T = \frac{100\pi(p'-\psi)}{\pi'(p-\psi)}.$$

Nach dieser Formel sind die Temperaturen der Ausfluſs-Thermometer berechnet. Um die Werthe von $\pi+p$ und $\frac{\pi'}{p'-\psi}$ zu erhalten, wurden die Thermometer zunächst in schmelzendes Eis und sodann in die Dämpfe von kochendem Wasser gebracht. Dieſs geschah mit jedem Thermometer mehrere Male, so daſs die in der beifolgenden Tabelle I für diese Gröſsen mitgetheilten Werthe die Mittel aus mehreren, gewöhnlich fünf, Versuchen sind.

(Siehe Tabelle I.)

Die Luft und das Quecksilber, deren Ausdehnungen hier verglichen werden sollen, sind beide in Glasgefäſsen eingeschlossen, nimmt man an, daſs die Ausdehnung des *Glases* bei beiden dieselbe ist, so geben die Versuche

eine direkte Vergleichung zwischen den anscheinenden Ausdehnungen dieser beiden Substanzen. Diese Vergleichung ist es, auf die es mir besonders bei dieser Untersuchung ankam. Bezeichnet

T die anscheinende Ausdehnung des Quecksilbers und

τ die der Luft, beide ausgedrückt in Graden der hunderttheiligen Skale, d. h. bei beiden die anscheinende Ausdehnung für $1^\circ C$ als Einheit angenommen;

α die absolute Ausdehnung der Luft von 0 bis 100° gleich 0,3665;

λ die anscheinende Ausdehnung derselben für die gleiche Temperatur Differenz;

$h+H$ die Elasticität der angewandten Luft bei 0°;

h' den Barometerstand zu der Zeit, wo die Beobachtung vorgenommen wurde;

H' den Höhenunterschied des Quecksilbers in den Röhren GF und DE, sämmtlich reducirt auf 0°;

e die Capillar-Depression und

δ die Ausdehnung des Glases für einen Grad der hunderttheiligen Skale; so ist:

$$\tau=\left[\frac{H'+h'-e}{H+h-e}-1\right]\frac{100}{\lambda}.$$

Die Herren Dulong und Petit haben bei ihrer Untersuchung über diesen Gegenstand die Ausdehnung der Luft noch corrigirt durch die des Glases, sie haben somit eine Vergleichung zwischen der anscheinenden Ausdehnung des Quecksilbers und der absoluten Ausdehnung der Luft geliefert, ohne die anscheinende Ausdehnung der Luft zu berücksichtigen, oder nur die Zahlen mitzutheilen, aus denen man die Vergleichung zwischen den anscheinenden Ausdehnungen beider Substanzen finden könnte. Um daher ihre Resultate mit den meinigen vergleichen zu können, habe ich gleichfalls die absolute Ausdehnung der Luft berechnet. Für dieselbe mufs man die Ausdehnung des angewandten Glases kennen. Wenn

die anscheinende und die absolute Ausdehnung des Quecksilbers beide bekannt sind, so kann man aus diesen die des Glases finden. Allein es müfsten alsdann alle drei Ausdehnungen gleichzeitig bestimmt seyn, und da dieselben nicht proportional sind, so müfsten sie streng genommen für jede Temperatur gleichzeitig bestimmt seyn.

In Ermanglung dieser gleichzeitigen Bestimmung habe ich mich genöthigt gesehen, eine mangelhaftere Correction für das Glas vorzunehmen. Sollte es mir möglich seyn, auch noch die absolute Ausdehnung des Quecksilbers zu untersuchen, wie ich es beabsichtige, so werde ich nicht unterlassen, damit auch gleichzeitig die Bestimmung der anscheinenden Ausdehnungen der Luft und des Quecksilbers zu verbinden, und dann würde sich die jetzige Correction leicht berichtigen lassen, zumal wenn bei jener Untersuchung dasselbe Glas angewendet wird, als in der vorliegenden Arbeit.

Wenn q die absolute und $\frac{\pi}{p}$ die anscheinende Ausdehnung des Quecksilbers, so wie δ die Ausdehnung des Glases für dieselbe Differenz der Temperatur bedeuten; so ist

$$1+\delta=\frac{1+q}{1+\frac{\pi}{p}}.$$

Nimmt man an, dafs die absolute Ausdehnung des Quecksilbers bei 100° durch die Herren Dulong und Petit richtig bestimmt sey, so kennt man, da die Temperatur von 100° stets dieselbe ist, für diese Temperatur q und $\frac{\pi}{p}$ und folglich auch δ. Für die höheren Temperaturen habe ich gleichfalls die Angaben der Herren Dulong und Petit zu Grunde gelegt, wiewohl sich ihre Zahlen nicht genau auf die von mir angewandten Temperaturen beziehen, denn sie haben nur die *mittlere* absolute Ausdehnung mitgetheilt, nämlich:

von	mittlere Ausdehnung des Quecksilbers
0° bis 100°	$\frac{1}{5550}=0{,}0180180$
0 - 200	$\frac{1}{5425}=0{,}0184331$
0 - 300 [1]	$\frac{1}{5300}=0{,}0188679$

Um daher δ mittelst dieser Werthe zu erhalten, wurde $q=0{,}0180180$ gesetzt für alle Temperaturen von 0° bis 100°; $q'=0{,}0184331$ für alle Temperaturen zwischen 100° und 200° und $q''=0{,}0188679$ für alle Temperaturen zwischen 200° und 300°. Ich habe die dadurch erhaltenen Werthe respective mit δ', δ'' und δ''' bezeichnet und in der beifolgenden Tabelle II bei jeder Reihe von Versuchen besonders angeführt.

Bezeichnet Θ die absolute Ausdehnung der Luft, ausgedrückt in Graden der hunderttheiligen Skale, d. h. auf die absolute Ansdehnung derselben für 1° C. als Einheit bezogen, so hat man

$$\Theta=\left[\frac{H'+h'-e}{H+h-e}(1+\delta T)-1\right]\frac{100}{\alpha}.$$

Ich habe noch für Θ sowohl als für τ eine Correction angebracht, wegen der Luft, die in dem Stück GN der engen Röhre GL enthalten ist, weil diese die Temperatur der übrigen Luft nicht annehmen kann. Eine ähnliche Correction hielt ich bei der Berechnung der Ausdehnung von 0° bis 100° in meiner früheren Abhandlung für überflüssig, weil die Röhre GL so eng gewählt war, dafs das Stück GN nur einen sehr kleinen Theil

1) Diese Temperaturen sind nach der Ausdehnung der Luft bestimmt, wahrscheinlich nach der absoluten Ausdehnung derselben, (wiewohl das nicht bestimmt gesagt ist). Ich habe in dem Folgenden die Temperaturen auf die anscheinende Ausdehnung des Quecksilbers bezogen, die dadurch entstehende Verschiedenheit ist zu gering, um in Betracht zu kommen.

Erweiterung der Röhre 0,000837. Also zu wenig um in Betracht gezogen zu werden, zumal dieselbe nur bei der höchsten Temperatur so bedeutend, bei allen übrigen aber um Vieles geringer ist.

In der beifolgenden Tabelle II sind die für T, τ und Θ erhaltenen Werthe zusammengestellt. Zur besseren Controlle habe ich auch die bei den Beobachtungen unmittelbar erhaltenen Zahlen mitgetheilt. Die gleichzeitigen Angaben der Ausfluſs-Thermometer finden sich in Tabelle I.

(Siehe Tabelle II.)

Ich habe durch Interpolation die Werthe von τ und Θ berechnet, für $T=150°,200°$ und alle um 50° steigenden Temperaturen. Dieselben sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt, und zur Vergleichung sind auch die von den Herren Dulong und Petit für Θ gefundenen Zahlen beigefügt.

T Anscheinende Ausdehnung des Quecksilbers	τ Anscheinende Ausdehnung der Luft	Θ Absolute Ausdehnung der Luft nach dem Verfasser	Dulong und Petit
100°	100°	100°	100°
150	148 ,07	148 ,74	148 ,70
200	196 ,34	197 ,49	197 ,05
250	242 ,97	245 ,39	245 ,05
300	291 ,16	294 ,51	292 ,70
330	316 ,94	320 ,02	
360			350 ,00

Vergleicht man die von mir erhaltenen Werthe für Θ mit denen der Herren Dulong und Petit, so findet man eine Uebereinstimmung, die um so viel überraschender ist als, wie schon oben bemerkt, diese Herren noch 0,375 als den richtigen Ausdehnungs-Coëfficienten für atmosphärische Luft zwischen 0° und 100° betrachteten, während für die Berechnung der obigen Zahlen der neue Ausdehnungs-Coëfficient 0,3665 benutzt ist.

(…e 188.)

No. 14 7grm. 0 - 5443 T_{14}	Mittel T
5,02	164,40
1,21	180,93
3.20	183,37
[illegible],91	190,28
26,65	2[illegible]5,59

4,89	15[illegible]62
19,46	220[illegible]
27,14	2[illegible]
5,87	256,17
15,14	*312,99*
16,75	*314,19*

3455 $\lambda = 0,36335$

	T	$1+\delta T$	$\frac{H'+h'-e}{H+h-e-\gamma}(1+\delta T)-1$	Θ
,66	147°,39	1,004461	0,53609	146°,27
,44	153 ,26	1,004639	0,55636	151 ,80
,11	171 ,19	1,005182	0,62282	169 ,94
,90	173 ,93	1,005265	0,62951	171 ,76
,91	177 ,99	1,005388	0,64794	176 ,79
,68	181 ,95	1,005507	0,65831	179 ,62
,93	186 ,72	1,005652	0,67773	184 ,92
,55	188 ,86	1,005717	0,68377	186 ,57
,49	190 ,89	1,005778	0,69097	188 ,53
,47	195 ,80	1,005927	0,71308	194 ,56
,84	203 ,53	1,006161	0,73676	201 ,03
,10	249 ,21	1,008610	0,89953	245 ,44
,11	255 ,71	1,008835	0,92200	251 ,57
,69	263 ,50	1,009104	0,94298	257 ,29
,84	293 ,35	1,010135	1,05560	288 ,02
,66	327 ,75	1,011323	1,17128	319 ,58
,34	330 ,77	1,011428	1,17767	321 ,33

03372 $\lambda = 0,36345$

83	164 ,40	1,004840	0,59949	163 ,57
07	180 ,93	1,005326	0,65965	179 ,98
73	183 ,37	1,005398	0,66946	182 ,66
93	190 ,27	1,005601	0,69244	188 ,93
44	226 ,59	1,007640	0,82594	225 ,36

Reihe

44	154 ,61	1,004551	0,56113	153 ,10
86	220 ,24	1,007426	0,79781	217 ,69
82	226 ,07	1,007623	0,81998	223 ,73
17	256 ,18	1,008838	0,92573	252 ,59
12	312 ,99	1,010554	1,12387	306 ,65
20	314 ,19	1,010594	1,12792	307 ,75

Diese Uebereinstimmung scheint mir nur dadurch erklärlich, dafs bei der Berechnung der Resultate der Herren Dulong und Petit, dieser Ausdehnungs-Coëfficient selbst gar nicht in Anwendung gekommen ist, und diefs geht auch, wie ich glaube, aus ihren eigenen Angaben hervor. Sie stellten nämlich ihre Versuche auf die Weise an, dafs sie ein weites, an dem einen Ende zugeschmolzenes Glasrohr, an dem anderen Ende in eine feine Spitze auszogen, dasselbe bis zu einer bestimmten Temperatur erwärmten, dann die Spitze unter Quecksilber tauchten und bis zur Temperatur der umgebenden Luft abkühlten. Sie wogen hierauf die bei dieser Temperatur in das Rohr hineingetretene Menge Quecksilber, bestimmten den Inhalt des Rohrs, und berechneten daraus die Ausdehnung der Luft. Da sie aber die Röhre stets nur bis zur Temperatur der umgebenden Luft und nicht bis zu 0° abgekühlt haben, so erhielten sie auch nur die Ausdehnung von der Temperatur der umgebenden Luft bis zur angewandten Temperatur. Um diese in Graden der hunderttheiligen Skale auszudrücken, mufsten sie auch die Ausdehnung bei 100° bestimmen, aber offenbar haben sie diese auch nur von der Temperatur der umgebenden Luft bis 100° bestimmt, und hieraus das Verhältnifs dieser Ausdehnung zu den übrigen berechnet. — Wiewohl dadurch auch die Ausdehnung der Luft für Einen Grad oder für 100° gegeben war, so ist es doch wahrscheinlich, dafs sie diese letztere an dieser Stelle zu berechnen unterlassen haben, sonst hätte es ihnen nicht entgehen können, dafs der Coëfficient 0,375 zu grofs, und 0,3665 der richtige Ausdehnungs-Coëfficient sey.

Uebrigens kann ich nicht unterlassen meine Freude darüber auszusprechen, dafs durch diese Arbeit die Zahlen der Herren Dulong und Petit bestätigt werden; so dafs man sieht, dafs diese Herren genauer und zuverlässiger gearbeitet haben, als man sich aus ihrer Angabe, dafs sie den Ausdehnungs-Coëfficienten zwischen 0° und

100° eben so grofs als Hr. Gay-Lussac gefunden hätten, zu schliefsen berechtigt glaubte.

Während der Zeit, dafs ich mich mit dieser Untersuchung beschäftigte, hat auch Herr Regnault über denselben Gegenstand gearbeitet, seine Abhandlung[1]) gelangte hierher als ich meine Arbeit schon als beendet betrachtete. Ich war erstaunt zu sehen, dafs die Resultate dieses so genauen und umsichtigen Physikers ganz abweichend waren von den meinigen. Während bei den letzteren die anscheinende Ausdehnung des Quecksilbers von 100° aufwärts stets bedeutender ist als die absolute Ausdehnung der Luft, und zwar schon bei der Temperatur von 150° um 1°,3 C. und bei der Temperatur von 330° um 10° C.; so hat Herr Regnault gefunden, dafs die Luft und das Quecksilber sich beide ganz gleichmäfsig ausdehnen, bis zur Temperatur von 200°, dafs bei 250° das Quecksilber sich nur um 0°,3 mehr ausdehne als die Luft, und dafs selbst bei 350° dieser Unterschied nur 3°,3 betrage.

Diefs veranlafste mich meine Versuche sogleich noch einmal zu wiederholen und einer sorgfältigen Prüfung zu unterwerfen. Es schien diefs um so nöthiger als Herr Regnault einen besonderen Nachdruck darauf legt, dafs die Thermometer bei dieser Untersuchung von demselben Glase seyn müssen als die Röhre welche die Luft enthält.

Derselbe hat nämlich eine Vergleichung zwischen verschiedenen Thermometern vorgenommen und dabei beobachtet, dafs wenn Thermometer, die aus verschiedenen Glassorten gefertigt sind, auch bei 0° und 100° mit einander übereinstimmen, sie doch bei höheren Temperaturen sehr abweichende Anzeigen liefern können, so dafs ein Thermometer aus gewöhnlichem Glase 333°,72 zeigte, während ein ähnliches aus Krystallglas in derselben Temperatur schon 340°,07, also um 6 Grad mehr zeigte. Wie-

1) *Annales de Chim. et de Physiq. Ser. III. T. V. p.* 83. (Mai 1842). — (Siehe die folgende Abhandlung. *P.*)

wohl nun die Thermometer, welche ich angewandt habe, aus derselben Glassorte gefertigt waren als die Röhre, welche die Luft enthielt, und aufserdem, wie die Versuche des Herrn Regnault zeigen, der Unterschied selbst bei Thermometern von verschiedenen Glassorten nur dann so bedeutend ist, wenn sie aus so verschiedenartigem Glase gefertigt sind wie Krystall- und gewöhnliches Glas, hingegen nur ganz unbedeutend sind bei Thermometern aus weniger verschiedenen Glassorten; so hielt ich es doch für gut, um jedem Einwande zu begegnen, die Thermometer aus derselben Glas*röhre* fertigen zu lassen, von der das Stück abgeschnitten war, in welchem die Ausdehnung der Luft bestimmt wurde.

Die oben als die zweite und dritte Reihe mitgetheilten Versuche sind mit solchen Thermometern angestellt. Ich wandte für dieselben vier Ausflufsthermometer gleichzeitig an, während ich früher nur zwei benutzt hatte, gleichfalls um Unregelmäfsigkeiten, welche durch die Ausdehnung des Glases entstehen könnten zu vermeiden. Die Resultate dieser Reihen sind aber so übereinstimmend mit denen der ersten, dafs es ganz offenbar ist, dafs von den Thermometern die Abweichung meiner Resultate von denen des Herrn Regnault nicht herrührt. Ich vermuthe dafs diese Abweichung in der Methode zu suchen ist, welche Herr Regnault angewendet hat um die Temperaturen hervorzubringen, bei welchen er die Beobachtungen anstellte.

Er hat hierzu nämlich ein Oelbad benutzt und ganz wie die Herren Dulong und Petit, dasselbe bis nahe zu der Temperatur erwärmt, welche er hervorbingen wollte, und wie diese das Feuer alsdann vermindert, indem er entweder einen Theil der Kohlen fortnahm, wenn die Temperatur nicht sehr hoch war, oder indem er allmälig die Züge des Ofens verschlofs. Es trat hierdurch bald ein Moment ein, wo das Oel eben so viel Wärme empfing, als es in derselben Zeit verlor, die Temperatur er-

reichte hierbei ihr Maximum, und blieb unverändert während einer längeren und kürzeren Zeit, je nach dem Grade derselben. Dieses Maximum läfst sich, wie Herr Regnault angiebt, für die Ausdehnung der Luft ganz scharf beobachten, besonders wenn in den letzten Momenten vor demselben die Temperatur nur sehr langsam steigt, indem die Oberfläche des Quecksilbers, so lange es in der Röhre *DE* steigt, eine ganz andere ist als in dem Moment, wo es zu sinken beginnt.

Die Quecksilberthermometer geben ebenfalls ein Maximum, da es Ausflufsthermometer sind. Dafs aber das Maximum dieser letzteren sich auf dieselbe Temperatur bezieht als das Maximum des Luftthermometers hat Herr Regnault daraus geschlossen, dafs es bei beiden zu gleicher Zeit eintritt, wenigstens bis zur Temperatur von 250° und selbst bei höheren Temperaturen nur um wenige Secunden, bei dem Quecksilberthermometer später als bei dem Luftthermometer.

Mir scheint indefs ein solcher Schlufs nicht zulässig. Denn gesetzt das Quecksilberthermometer bedarf eine etwas längere Zeit, um die Temperatur des ihn umgebenden Oels anzunehmen, als das Luftthermometer, so werden bei fortwährend steigender Temperatur des Oels beide Thermometer niemals gleichzeitig dieselbe Temperatur als das Oel haben, und sie wird bei dem Quecksilberthermometer noch später eintreten als bei dem Luftthermometer. Beginnt dann plötzlich eine Abkühlung des Oels, so werden beide Thermometer noch während eine kurze Zeit fortfahren zu steigen, ohne indefs dieselbe Temperatur zu erreichen, die das Oel hatte, und dabei wird das sich langsamer erwärmende Quecksilberthermometer weiter von derselben entfernt bleiben als das Luftthermometer, und wird daher auch nicht dieselbe Temperatur erreichen als dieses. Nur in dem einzigen Falle werden die Maxima beider Instrumente derselben Temperatur entsprechen, wenn beide die gleiche Zeit erfordern, um dieselbe Temperatur anzunehmen.

Es ist indefs schon daraus wahrscheinlich, dafs diefs bei der Untersuchung des Herrn Regnault nicht der Fall gewesen ist, weil seine Quecksilberthermometer aufserordentlich grofs waren. Und es geht sogar aus dem Umstande, dafs in höheren Temperaturen das Maximum bei den Quecksilberthermometern später eintrat als bei dem Luftthermometer deutlich hervor, dafs die Quecksilberthermometer sich wirklich langsamer erwärmten als das Luftthermometer. Sie erreichten daher auch nicht dieselbe Temperatur als dieses; und defshalb konnte ihre Ausdehnung auch nicht so hoch ausfallen als sie ausgefallen wäre, wenn sie während längerer Zeit mit dem Luftthermometer in einer constanten Temperatur gewesen wären.

Man sieht daraus, dafs die Bestimmung der Ausdehnung für höhere Wärmegrade mit Sicherheit nicht möglich ist, ohne Hervorbringung von constanten, längere Zeit dauernden Temperaturen.

II. *Ueber den Vergleich des Luftthermometers mit dem Quecksilberthermometer; von Hrn. V. Regnault.*

(*Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. V. p.* 83.)

Die von Dulong und Petit gegebene Tafel über den vergleichenden Gang des Luft- und des Quecksilberthermometers kann nicht mehr zugelassen werden, da sie nach einem unrichtigen Ausdehnungs-Coëfficienten der Luft berechnet ist. Im ersten Augenblick könnte man glauben, es sey nichts einfacher als an deren Resultaten die von der Aenderung des Coëfficienten bedingte Berichtigung anzubringen, und wirklich wäre dem so, wenn diese berühmten Physiker uns alle Data ihrer Versuche überliefert hätten. Allein unglücklicherweise giebt ihre Abhand-

reichte hierbei ihr Maximum, und blieb unverändert während einer längeren und kürzeren Zeit, je nach dem Grade derselben. Dieses Maximum läfst sich, wie Herr Regnault angiebt, für die Ausdehnung der Luft ganz scharf beobachten, besonders wenn in den letzten Momenten vor demselben die Temperatur nur sehr langsam steigt, indem die Oberfläche des Quecksilbers, so lange es in der Röhre *DE* steigt, eine ganz andere ist als in dem Moment, wo es zu sinken beginnt.

Die Quecksilberthermometer geben ebenfalls ein Maximum, da es Ausflufsthermometer sind. Dafs aber das Maximum dieser letzteren sich auf dieselbe Temperatur bezieht als das Maximum des Luftthermometers hat Herr Regnault daraus geschlossen, dafs es bei beiden zu gleicher Zeit eintritt, wenigstens bis zur Temperatur von 250° und selbst bei höheren Temperaturen nur um wenige Secunden, bei dem Quecksilberthermometer später als bei dem Luftthermometer.

Mir scheint indefs ein solcher Schlufs nicht zulässig. Denn gesetzt das Quecksilberthermometer bedarf eine etwas längere Zeit, um die Temperatur des ihn umgebenden Oels anzunehmen, als das Luftthermometer, so werden bei fortwährend steigender Temperatur des Oels beide Thermometer niemals gleichzeitig dieselbe Temperatur als das Oel haben, und sie wird bei dem Quecksilberthermometer noch später eintreten als bei dem Luftthermometer. Beginnt dann plötzlich eine Abkühlung des Oels, so werden beide Thermometer noch während eine kurze Zeit fortfahren zu steigen, ohne indefs dieselbe Temperatur zu erreichen, die das Oel hatte, und dabei wird das sich langsamer erwärmende Quecksilberthermometer weiter von derselben entfernt bleiben als das Luftthermometer, und wird daher auch nicht dieselbe Temperatur erreichen als dieses. Nur in dem einzigen Falle werden die Maxima beider Instrumente derselben Temperatur entsprechen, wenn beide die gleiche Zeit erfordern, um dieselbe Temperatur anzunehmen.

Es ist indefs schon daraus wahrscheinlich, dafs dieis bei der Untersuchung des Herrn **Regnault** nicht der Fall gewesen ist, weil seine Quecksilberthermometer aufserordentlich grofs waren. Und es geht sogar aus dem Umstande, dafs in höheren Temperaturen das Maximum bei den Quecksilberthermometern später eintrat als bei dem Luftthermometer deutlich hervor, dafs die Quecksilberthermometer sich wirklich langsamer erwärmten als das Luftthermometer. Sie erreichten daher auch nicht dieselbe Temperatur als dieses; und defshalb konnte ihre Ausdehnung auch nicht so hoch ausfallen als sie ausgefallen wäre, wenn sie während längerer Zeit mit dem Luftthermometer in einer constanten Temperatur gewesen wären.

Man sieht daraus, dafs die Bestimmung der Ausdehnung für höhere Wärmegrade mit Sicherheit nicht möglich ist, ohne Hervorbringung von constanten, längere Zeit dauernden Temperaturen.

II. *Ueber den Vergleich des Luftthermometers mit dem Quecksilberthermometer; von Hrn. V. Regnault.*

(*Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. V. p.* 83.)

Die von **Dulong** und **Petit** gegebene Tafel über den vergleichenden Gang des Luft- und des Quecksilberthermometers kann nicht mehr zugelassen werden, da sie nach einem unrichtigen Ausdehnungs-Coëfficienten der Luft berechnet ist. Im ersten Augenblick könnte man glauben, es sey nichts einfacher als an deren Resultaten die von der Aenderung des Coëfficienten bedingte Berichtigung anzubringen, und wirklich wäre dem so, wenn diese berühmten Physiker uns alle Data ihrer Versuche überliefert hätten. Allein unglücklicherweise giebt ihre Abhand-

reichte hierbei ihr Maximum, und blieb unverändert während einer längeren und kürzeren Zeit, je nach dem Grade derselben. Dieses Maximum läfst sich, wie Herr Regnault angiebt, für die Ausdehnung der Luft ganz scharf beobachten, besonders wenn in den letzten Momenten vor demselben die Temperatur nur sehr langsam steigt, indem die Oberfläche des Quecksilbers, so lange es in der Röhre DE steigt, eine ganz andere ist als in dem Moment, wo es zu sinken beginnt.

Die Quecksilberthermometer geben ebenfalls ein Maximum, da es Ausflufsthermometer sind. Dafs aber das Maximum dieser letzteren sich auf dieselbe Temperatur bezieht als das Maximum des Luftthermometers hat Herr Regnault daraus geschlossen, dafs es bei beiden zu gleicher Zeit eintritt, wenigstens bis zur Temperatur von 250° und selbst bei höheren Temperaturen nur um wenige Secunden, bei dem Quecksilberthermometer später als bei dem Luftthermometer.

Mir scheint indefs ein solcher Schlufs nicht zulässig. Denn gesetzt das Quecksilberthermometer bedarf eine etwas längere Zeit, um die Temperatur des ihn umgebenden Oels anzunehmen, als das Luftthermometer, so werden bei fortwährend steigender Temperatur des Oels beide Thermometer niemals gleichzeitig dieselbe Temperatur als das Oel haben, und sie wird bei dem Quecksilberthermometer noch später eintreten als bei dem Luftthermometer. Beginnt dann plötzlich eine Abkühlung des Oels, so werden beide Thermometer noch während eine kurze Zeit fortfahren zu steigen, ohne indefs dieselbe Temperatur zu erreichen, die das Oel hatte, und dabei wird das sich langsamer erwärmende Quecksilberthermometer weiter von derselben entfernt bleiben als das Luftthermometer, und wird daher auch nicht dieselbe Temperatur erreichen als dieses. Nur in dem einzigen Falle werden die Maxima beider Instrumente derselben Temperatur entsprechen, wenn beide die gleiche Zeit erfordern, um dieselbe Temperatur anzunehmen.

Es ist indefs schon daraus wahrscheinlich, dafs diefs bei der Untersuchung des Herrn Regnault nicht der Fall gewesen ist, weil seine Quecksilberthermometer aufserordentlich grofs waren. Und es geht sogar aus dem Umstande, dafs in höheren Temperaturen das Maximum bei den Quecksilberthermometern später eintrat als bei dem Luftthermometer deutlich hervor, dafs die Quecksilberthermometer sich wirklich langsamer erwärmten als das Luftthermometer. Sie erreichten daher auch nicht dieselbe Temperatur als dieses; und defshalb konnte ihre Ausdehnung auch nicht so hoch ausfallen als sie ausgefallen wäre, wenn sie während längerer Zeit mit dem Luftthermometer in einer constanten Temperatur gewesen wären.

Man sieht daraus, dafs die Bestimmung der Ausdehnung für höhere Wärmegrade mit Sicherheit nicht möglich ist, ohne Hervorbringung von constanten, längere Zeit dauernden Temperaturen.

II. *Ueber den Vergleich des Luftthermometers mit dem Quecksilberthermometer; von Hrn. V. Regnault.*

(*Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. V. p.* 83.)

Die von Dulong und Petit gegebene Tafel über den vergleichenden Gang des Luft- und des Quecksilberthermometers kann nicht mehr zugelassen werden, da sie nach einem unrichtigen Ausdehnungs-Coëfficienten der Luft berechnet ist. Im ersten Augenblick könnte man glauben, es sey nichts einfacher als an deren Resultaten die von der Aenderung des Coëfficienten bedingte Berichtigung anzubringen, und wirklich wäre dem so, wenn diese berühmten Physiker uns alle Data ihrer Versuche überliefert hätten. Allein unglücklicherweise giebt ihre Abhand-

reichte hierbei ihr Maximum, und blieb unverändert während einer längeren und kürzeren Zeit, je nach dem Grade derselben. Dieses Maximum läfst sich, wie Herr Regnault angiebt, für die Ausdehnung der Luft ganz scharf beobachten, besonders wenn in den letzten Momenten vor demselben die Temperatur nur sehr langsam steigt, indem die Oberfläche des Quecksilbers, so lange es in der Röhre *DE* steigt, eine ganz andere ist als in dem Moment, wo es zu sinken beginnt.

Die Quecksilberthermometer geben ebenfalls ein Maximum, da es Ausflufsthermometer sind. Dafs aber das Maximum dieser letzteren sich auf dieselbe Temperatur bezieht als das Maximum des Luftthermometers hat Herr Regnault daraus geschlossen, dafs es bei beiden zu gleicher Zeit eintritt, wenigstens bis zur Temperatur von 250° und selbst bei höheren Temperaturen nur um wenige Secunden, bei dem Quecksilberthermometer später als bei dem Luftthermometer.

Mir scheint indefs ein solcher Schlufs nicht zulässig. Denn gesetzt das Quecksilberthermometer bedarf eine etwas längere Zeit, um die Temperatur des ihn umgebenden Oels anzunehmen, als das Luftthermometer, so werden bei fortwährend steigender Temperatur des Oels beide Thermometer niemals gleichzeitig dieselbe Temperatur als das Oel haben, und sie wird bei dem Quecksilberthermometer noch später eintreten als bei dem Luftthermometer. Beginnt dann plötzlich eine Abkühlung des Oels, so werden beide Thermometer noch während eine kurze Zeit fortfahren zu steigen, ohne indefs dieselbe Temperatur zu erreichen, die das Oel hatte, und dabei wird das sich langsamer erwärmende Quecksilberthermometer weiter von derselben entfernt bleiben als das Luftthermometer, und wird daher auch nicht dieselbe Temperatur erreichen als dieses. Nur in dem einzigen Falle werden die Maxima beider Instrumente derselben Temperatur entsprechen, wenn beide die gleiche Zeit erfordern, um dieselbe Temperatur anzunehmen.

Es ist indefs schon daraus wahrscheinlich, dafs dieis bei der Untersuchung des Herrn Regnault nicht der Fall gewesen ist, weil seine Quecksilberthermometer aufserordentlich grofs waren. Und es geht sogar aus dem Umstande, dafs in höheren Temperaturen das Maximum bei den Quecksilberthermometern später eintrat als bei dem Luftthermometer deutlich hervor, dafs die Quecksilberthermometer sich wirklich langsamer erwärmten als das Luftthermometer. Sie erreichten daher auch nicht dieselbe Temperatur als dieses; und defshalb konnte ihre Ausdehnung auch nicht so hoch ausfallen als sie ausgefallen wäre, wenn sie während längerer Zeit mit dem Luftthermometer in einer constanten Temperatur gewesen wären.

Man sieht daraus, dafs die Bestimmung der Ausdehnung für höhere Wärmegrade mit Sicherheit nicht möglich ist, ohne Hervorbringung von constanten, längere Zeit dauernden Temperaturen.

II. *Ueber den Vergleich des Luftthermometers mit dem Quecksilberthermometer; von Hrn. V. Regnault.*

(*Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. V. p.* 83.)

Die von Dulong und Petit gegebene Tafel über den vergleichenden Gang des Luft- und des Quecksilberthermometers kann nicht mehr zugelassen werden, da sie nach einem unrichtigen Ausdehnungs-Coëfficienten der Luft berechnet ist. Im ersten Augenblick könnte man glauben, es sey nichts einfacher als an deren Resultaten die von der Aenderung des Coëfficienten bedingte Berichtigung anzubringen, und wirklich wäre dem so, wenn diese berühmten Physiker uns alle Data ihrer Versuche überliefert hätten. Allein unglücklicherweise giebt ihre Abhand-

reichte hierbei ihr Maximum, und blieb unverändert während einer längeren und kürzeren Zeit, je nach dem Grade derselben. Dieses Maximum läſst sich, wie Herr Regnault angiebt, für die Ausdehnung der Luft ganz scharf beobachten, besonders wenn in den letzten Momenten vor demselben die Temperatur nur sehr langsam steigt, indem die Oberfläche des Quecksilbers, so lange es in der Röhre DE steigt, eine ganz andere ist als in dem Moment, wo es zu sinken beginnt.

Die Quecksilberthermometer geben ebenfalls ein Maximum, da es Ausfluſsthermometer sind. Daſs aber das Maximum dieser letzteren sich auf dieselbe Temperatur bezieht als das Maximum des Luftthermometers hat Herr Regnault daraus geschlossen, daſs es bei beiden zu gleicher Zeit eintritt, wenigstens bis zur Temperatur von 250° und selbst bei höheren Temperaturen nur um wenige Secunden, bei dem Quecksilberthermometer später als bei dem Luftthermometer.

Mir scheint indeſs ein solcher Schluſs nicht zulässig. Denn gesetzt das Quecksilberthermometer bedarf eine etwas längere Zeit, um die Temperatur des ihn umgebenden Oels anzunehmen, als das Luftthermometer, so werden bei fortwährend steigender Temperatur des Oels beide Thermometer niemals gleichzeitig dieselbe Temperatur als das Oel haben, und sie wird bei dem Quecksilberthermometer noch später eintreten als bei dem Luftthermometer. Beginnt dann plötzlich eine Abkühlung des Oels, so werden beide Thermometer noch während eine kurze Zeit fortfahren zu steigen, ohne indeſs dieselbe Temperatur zu erreichen, die das Oel hatte, und dabei wird das sich langsamer erwärmende Quecksilberthermometer weiter von derselben entfernt bleiben als das Luftthermometer, und wird daher auch nicht dieselbe Temperatur erreichen als dieses. Nur in dem einzigen Falle werden die Maxima beider Instrumente derselben Temperatur entsprechen, wenn beide die gleiche Zeit erfordern, um dieselbe Temperatur anzunehmen.

Es ist indeſs schon daraus wahrscheinlich, daſs dieſs bei der Untersuchung des Herrn Regnault nicht der Fall gewesen ist, weil seine Quecksilberthermometer auſserordentlich groſs waren. Und es geht sogar aus dem Umstande, daſs in höheren Temperaturen das Maximum bei den Quecksilberthermometern später eintrat als bei dem Luftthermometer deutlich hervor, daſs die Quecksilberthermometer sich wirklich langsamer erwärmten als das Luftthermometer. Sie erreichten daher auch nicht dieselbe Temperatur als dieses; und deſshalb konnte ihre Ausdehnung auch nicht so hoch ausfallen als sie ausgefallen wäre, wenn sie während längerer Zeit mit dem Luftthermometer in einer constanten Temperatur gewesen wären.

Man sieht daraus, daſs die Bestimmung der Ausdehnung für höhere Wärmegrade mit Sicherheit nicht möglich ist, ohne Hervorbringung von constanten, längere Zeit dauernden Temperaturen.

II. *Ueber den Vergleich des Luftthermometers mit dem Quecksilberthermometer; von Hrn. V. Regnault.*

(*Ann. de chim. et de phys. Ser. III. T. V. p.* 83.)

Die von Dulong und Petit gegebene Tafel über den vergleichenden Gang des Luft- und des Quecksilberthermometers kann nicht mehr zugelassen werden, da sie nach einem unrichtigen Ausdehnungs-Coëfficienten der Luft berechnet ist. Im ersten Augenblick könnte man glauben, es sey nichts einfacher als an deren Resultaten die von der Aenderung des Coëfficienten bedingte Berichtigung anzubringen, und wirklich wäre dem so, wenn diese berühmten Physiker uns alle Data ihrer Versuche überliefert hätten. Allein unglücklicherweise giebt ihre Abhand-

lung[1]) nur die folgende Tafel, welche einige mittelst einer Interpolationsformel aus ihren Versuchen berechnete Zahlen enthält, Zahlen, die aber ganz ungenügend sind.

Temperaturen vom Quecksilberthermometer angegeben	Entsprechende Volume einer selben Luftmasse	Temperaturen vom Luftthermometer, angegeben u. berichtigt wegen der Ausdehnung d. Glases
— 36° C.	0,8650	— 36° C.
0	1,0000	0
+100	1,3750	+100
150	1,5576	148,70
200	1,7389	197,05
250	1,9189	245,05
300	2,0976	292,70
360	2,3125	350,00

Neue Versuche sind nöthig, um die Frage zu entscheiden. — Ich habe mich auch hiezu des Verfahrens No. IV (Ann. Bd. 55 S. 557) bedient.

Der mit trockner Luft gefüllte Ballon (derselbe der zu den Versuchen a. a. O. S. 560 diente) wurde mittelst Kupferdrähte auf einem Messinggestell *ss's''tt't''* (Taf. I Fig. 5 und 6) befestigt. Das rechtwinklich gekrümmte Thermometerrohr war, wie gewöhnlich, in der Tubulatur des dreiarmigen Stücks *mno* festgekittet. Auf demselben Gestelle und symmetrisch um den Ballen geordnet, befanden sich drei Ausflufsthermometer *T T' T''*. Das Gestell stand in einem rechtwinklichen kupfernen Kasten von 28 Centim. Seite und 32 Centim. Höhe, der, je nach der beabsichtigten Temperatur, mit Wasser oder Oel gefüllt war. Die Umrührer *K*, *K'* und *L L'* (Taf. I Fig. 5 und 7) bewegten sich in den Ecken des Kastens und dienten dazu, die verschiedenen Schichten der Flüssigkeit beständig durcheinander zu mengen[2]).

1) *Ann. de chim. et de physiq. T. VII. p.* 120.

2) Die Umrührer *K* und *K'* bestehen aus dreiseitigen Messingplatten,

Der Kasten stand auf einem Ofen. Um die Erkaltung durch die Berührung mit der äufsern Luft zu verlangsamen, hatte man den Kupferkasten in einen Blechkasten gestellt, dessen Boden zum grofsen Theil fortgenommen war, damit der Kupferkasten unmittelbar die Wirkung des unter ihm befindlichen Heerdes empfing, aber an den Seitenwänden von einer eingeschlossenen Luftschicht von einigen Millimetern Dicke umgeben war. Oben war der Kasten verschlossen durch einen Deckel mit mehren Löchern, um die Stiele des Thermometers durchzulassen.

Die Quecksilberthermometer waren bei der Temperatur des schmelzenden Eises gefüllt, darauf in den Apparat Taf. IV Fig. 6 Bd. 55 gebracht und darin in Dampf von siedendem Wasser erhitzt. Das bei der Siedhitze unter einem bekannten Barometerstand ausgeflossene Gewicht Quecksilber diente zur Berechnung des Abstandes zwischen den festen Punkten des Thermometers.

Der Ballon war wie gewöhnlich getrocknet und man schlofs, während das Wasser im Gefäfse siedete, die Röhre *op* vor der Lampe; sonach befanden sich die Quecksilbersäulen im Niveau bei der Temperatur 100° C. Nun liefs man die Temperatur sinken, während die gekrümmten Stiele das Quecksilberthermometer in kleine Röhren wie *u* tauchten. Letztere enthielten eine zuvor gewägte Menge Quecksilber und überdiefs die während des Steigens der Temperatur vom Frostpunkte bis zur Siedhitze aus den Thermometern geflossene. Hierauf nahm man das Wasser aus dem Gefäfse und ersetzte es durch zerstofsenes Eis. Das Niveau des Quecksilbers war wie gewöhnlich an den Strich *a* gebracht. Man maafs den Höhenunterschied beider Quecksilbersäulen und las den Barometerstand ab. Diese Beobachtung gab den Null-

der Umrührer *LL'* aus einer vierseitigen Platte; sie sitzen an eisernen Leisten, die oben an einem selben Holzrahmen *ff* befestigt sind, wodurch man sie alle auf einmal in dem Kasten bewegen kann.

punkt des Luftthermometers und diente zum Ausgangspunkt für alle übrigen.

Das vergleichende Studium des Ganges des Luft- und des Quecksilberthermometers bietet für Temperaturen zwischen 0° und 100° keine grofse Schwierigkeiten dar. Das Gefäfs ist dann mit Wasser gefüllt und man erhält leicht lange stillstehende Temperaturen, die nach Mufse die Beobachtungen anzustellen erlauben. Anders ist es mit hohen Temperaturen. Alsdann ist das Gefäfs mit Oel gefüllt, die Erkaltung geschieht sehr rasch und es bedarf eigener Vorsichtsmaafsregeln, um zuverlässige Beobachtungen zu machen.

Ich werde in einigen Worten sagen, wie ich den Versuch ausführte. — Zunächst wurde das Oel erhitzt bis nahe zu der beabsichtigten Temperatur; dann mäfsigte man die Hitze, entweder durch Fortnahme eines Theils der Kohlen, wenn man sich nicht auf einer sehr hohen Temperatur befand, oder in dem man die Klappen des Ofens immer mehr schlofs und so den Luftzug allmälig minderte. Zugleich wurde die Flüssigkeit mittelst der Umrührer beständig bewegt. Bald trat ein Zeitpunkt ein, wo das Gefäfs genau so viel Wärme vom Heerde erhielt als es in derselben Zeit an die Luft verlor. Dann war die Temperatur auf ihrem Maximum angelangt, sie blieb stillstehend, mehr oder weniger lange, je nach dem Punkt der Thermometerskale, auf welchen man gelangt war. Diesen Maximum-Punkt bestimmte man mit grofser Genauigkeit an dem Luftthermometer, indem man die zwei Quecksilbermenisken zugleich mit den Fernröhren der beiden Kathetometer verfolgte und deren Horizontalfäden beständig die Gipfel der Menisken berühren liefs. So beobachtete man mit grofser Schärfe die Maximum-Lage des Meniskus β in der Röhre JI und die Minimum-Lage des Meniskus α in der Röhre FH. Es ist kaum nöthig zu sagen, dafs man das Quecksilber zuvor nahe auf den Strich α einstellte.

Damit diese Beobachtungen mit großer Genauigkeit zu machen seyen, ist wichtig, daſs in den letzten Momenten, wo man sich dem Maximum nähert, die Temperatur langsam steige. Die ungemein verschiedene Gestalt, welche die Menisken in den Fernröhren darbieten, je nachdem die eine oder andere Säule im Steigen oder Fallen ist, erlaubt überdieſs mit gröſster Leichtigkeit zu erkennen, ob das Maximum streng erreicht oder überschritten ist. Der Meniskus hat im Steigen immer eine weit stärkere Krümmung und plattet sich sehr merklich ab im Moment, da die Bewegung der Säulen ihre Richtung ändert. Ehe die Lage der Menisken bestimmt wurde, traf man die Vorsicht, dem Gestell, an dem die communicirenden Röhren befestigt sind, einige leichte Stöſse zu geben, um die Anhaftung des Quecksilbers zu zerstören und den beiden Menisken gleiche Form zu verleihen.

Somit gab die Beobachtung das Maximum des Luftthermometers. Die Quecksilberthermometer gaben schon von selbst das Maximum, da es Ausfluſsthermometer waren. Es blieb nur noch zu ermitteln, ob diese Maxima sich auf die nämliche Temperatur beziehen.

Man erkennt leicht bei dem Versuche selbst, daſs die Quecksilberthermometer sehr nahe dasselbe Maximum wie das Luftthermometer geben müssen. Denn für Temperaturen, die nicht 200 bis 250° C. übersteigen, sieht man, daſs der Moment, da das Luftthermometer sein Maximum zeigt, fast genau mit dem zusammenfällt, da das Quecksilber am capillaren Ende der Thermometerröhren stillsteht. Bei sehr hohen Temperaturen erreicht das Luftthermometer sein Maximum nur einige Secunden früher als das Quecksilberthermometer [1]). Diese beiden Momente liegen so nahe zusammen, daſs es unmöglich ist,

1) Sobald der Beobachter, der mittelst der Fernröhre den Gang der Menisken verfolgte, den Wechsel im Sinne der Bewegung der Quecksilbersäulen gewahrte, gab er dem Gehülfen einen Wink, daſs er die Umrührer unaufhörlich bewegte. Dieser konnte dann erkennen, daſs

dafs die Maxima nicht derselben Temperatur entsprechen. Offenbar wird übrigens diese Bedingung desto besser erfüllt, als die Erhitzung bei Annäherung an das Maximum langsamer ist.

Man nimmt mit dem ersten Kathetometer den Abstand der Minimum-Lage des Meniskus A vom Striche α, und mit dem zweiten Kathetometer den Abstand der Maximum-Lage des Meniskus in der Röhre B von demselben Striche α. Durch Addition oder Subtraction dieser Abstände, je nach den Fällen, bekommt man den Höhenunterschied der beiden Quecksilbersäulen, welcher, hinzugefügt zum Barometerstand, die vom Luftthermometer angezeigte Temperatur berechnen läfst.

Es seyen, wenn der Ballon im schmelzenden Eise ist, H der Barometerstand, — h der Niveau-Unterschied beider Quecksilbersäulen, — v das kleine Volum äufserer Luft, — t dessen Temperatur; — ferner, wenn der Ballon in der unbekannten Temperatur ϑ des Luftthermometers oder der Temperatur T des Quecksilberthermometers befindlich ist, seyen H', H', v' und t' die entsprechenden Gröfsen; endlich sey δT die Volumsvergröfserung des Ballons in Folge der Ausdehnung des Glases vom Punkte des schmelzenden Eises an bis zur Temperatur T, so hat man:

$$1+0{,}003665\,\vartheta=\frac{(H'+h')(1+\delta T)}{(H-h)+\frac{v}{V}\cdot\frac{1}{1+\alpha t}(H-h)-\frac{v'}{V}\cdot\frac{1}{1+\alpha t'}(H'+h')}$$

woraus sich ϑ ergiebt.

Die Temperaturen T der Quecksilberthermometer sind aus dem ausgeflossenen Gewicht Quecksilber hergeleitet. Ist P das bei 0° das Thermometer füllende Ge-

einige Secunden hernach das Quecksilbertröpfchen am Ende der Haarröhrchen der Quecksilberthermometer stehen blieb, und dafs, nach seiner Absonderung, die Säule nicht säumte, in die Röhre wieder einzutreten.

wicht Quecksilber; π das von 0° bis 100° ausfliefsende und p das von 0° bis T ausfliefsende, so hat man

$$T = 100 \frac{p}{\pi} \cdot \frac{P - \pi}{P - p}.$$

Die Formel, die zur Berechnung der Temperatur des Luftthermometers dient, schliefst einen Factor ein, nämlich $(1 + \delta T)$, der etwas unsicher bleibt. δT ist die Ausdehnung der Volumseinheit des Glases von 0° bis T. Diese Gröfse mufste durch directe Versuche bestimmt werden. Und diefs habe ich wirklich zu thun versucht, wie man weiterhin sehen wird; allein die Beobachtung giebt die Ausdehnung des Glases in Function der absoluten Ausdehnung des Quecksilbers, die man als bekannt voraussetzt. Diefs ist aber gerade der zweifelhafte Punkt der Aufgabe. Es bedürfen nämlich die Zahlen, welche die Physiker nach den Versuchen von Dulong und Petit angenommen haben, einer Abänderung, weil sie, in Bezug auf das Luftthermometer berechnet mit dem Coëfficienten 0,375, erhalten worden sind; allein auch hier kann die Umwandlung nicht mit einiger Sicherheit geschehen, da die Angaben fehlen.

Dulong und Petit haben uns nur folgende Resultate überliefert.

Temperaturen, aus der Ausdehnung der Luft hergeleitet	Absolute Ausdehnungen des Quecksilbers im Mittel
0°	0
100	$\frac{1}{5550}$
200	$\frac{1}{5425}$
300	$\frac{1}{5300}$.

Wenn man diese Resultate mit der wegen Aenderung des Ausdehnungs-Coëfficienten der Luft erforderlichen Berichtigung versieht, unter der Voraussetzung, dafs das Luftthermometer von Dulong und Petit von Null aus graduirt war, so findet man für die in der ersteren Spalte enthaltenen Temperaturen:

0°, 102°,3; 204°,6; 306°,9

und die obige Tafel wird:

0°	100°	200°	300°
0	$\frac{1}{3677}$	$\frac{1}{3550}$	$\frac{1}{3423}$

Nur neue Versuche können entscheiden, ob die so abgeänderte Tafel angenommen werden darf.

Der Factor $(+\delta T)$ bietet also in seiner numerischen Bestimmung einige Unsicherheit dar; allein ich glaube nicht, dafs der daraus entspringende Fehler sich auf zwei bis drei Zehntel eines Grades erhebe. Uebrigens habe ich in den folgenden Tafeln die bei jedem Versuch angenommenen Werthe von $1+\delta T$ angegeben. Sobald neue Versuche die Werthe des Coëfficienten der wahren Ausdehnung des Quecksilbers festgestellt haben werden, lassen sich in meinen Versuchen sehr leicht die erforderlichen Berichtigungen anbringen, wenn man sich erinnert, dafs T die Temperatur des Quecksilberthermometers bezeichnet, und man die körperliche Ausdehnung des Glases nach den von mir gegebenen Tafeln berechnet.

Zu diesem Behufe machte man Versuche mit einem Ausflufs-Quecksilberthermometer, gebildet aus einem Glasballon von derselben Glashütte wie der, welcher bei den vorhergehenden Versuchen zum Luftthermometer gedient hatte, und in seinem Gange mit denen der beiden Quecksilberthermometer verglichen worden war. Das dritte Thermometer war durch einen Unfall aufser Dienst gesetzt. Das ganze System stand auf dem Gestell Taf. I. Fig. 5 und 6 und der Versuch wurde durchaus eben so geleitet, wie wenn es sich darum handelte, den Gang des Luft- und Quecksilberthermometers zu vergleichen.

Der Ballon fafste 4122,88 Grm. Quecksilber von 0°. Folgende Tafel enthält die erlangten Resultate, mittelst deren man die Ausdehnung des Glases für hohe Temperaturen berechnen kann, wenn man die cubische Ausdehnung des Quecksilbers mit Sicherheit kennt.

Temperaturen der Quecksilberthermometer I.	II.	Mittel	Kugel-Thermometer, ausgeflossenes Quecksilber von 0° an
0°	0°	0°	0
100	100	100	63grm.,508
147 ,80	147, 77	147 ,78	93 ,149
208 ,23	208, 33	208 ,13	130 ,141
254 ,06	254, 20	254 ,13	158 ,343
282 ,72	382, 98	282 ,85	175 ,570.

Folgende Tafeln enthalten den vergleichenden Gang des Luft- und des Quecksilberthermometers:

No. d. Vers.[1])	H'	h'	t'	δT	ϑ	T	$T-\vartheta$
			Erste Reihe				
			$H=746{,}52; h=-200{,}98; v=v'=0{,}00290\ V; t=10°$				
1. W.	745,90	−101,68	12°,0	0,00115	49°,88	50,°17	+0,29
2. W.	745,96	−100,64	11 ,9	0,00116	50 ,44	50, 63	+0,19
3. W.	745,84	− 99,73	11 ,6	0,00117	50 ,84	51, 04	+0,20
4. W.	745,92	− 78,82	11 ,5	0,00142	61 ,48	61, 75	+0,27
5. W.	747,75	− 64,20	11 ,7	0,00161	69 ,82	70, 06	+0,24
6. W.	748,39	− 5,91	12 ,3	0,00230	99 ,73	99, 89	+0,16
7. O.	749,35	+113,85	12 ,2	0,00390	161 ,32	161, 18	−0,14
8. O.	749,81	+211,01	12 ,3	0,00527	211 ,26	211, 22	−0,02

Zweite Reihe

berechnet aus dem Werth bei 100°. Der Druck bei 0° berechnet aus dem im siedenden Wasser gemachten Versuch No. 9.

$H=746{,}52; H-h=559{,}19; t=14°9; v=v'=0{,}00275\ V$

No. d. Vers.	H'	h'	t'	δT	ϑ	T	$T-\vartheta$
1. W.	761,62	−133,90	12°,9	0,00078	33°,78	34°,10	+0,32
2. -	761,50	−131,54	12 ,9	0,00081	34 ,85	35 ,11	+0,26
3. -	760,44	−118,88	12 ,8	0,00094	40 ,61	40 ,83	+0,28
4. -	759,44	−106,23	13 ,2	0,00107	46 ,36	46 ,54	+0,18
5. -	759,01	−100,32	13 ,3	0,00113	49 ,07	49 ,25	+0,18
6. -	758,62	− 99,79	12 ,7	0,00114	49 ,14	49 ,42	+0,28
7. -	758,59	− 97,23	12 ,0	0,00117	50 ,39	50 ,66	+0,27
8. -	758,44	− 86,90	12 ,9	0,00128	55 ,51	55 ,76	+0,25
9. -	760,52	+ 1,84	14 ,9	0,00230	100 ,34	100 ,34	0,00

1) Die Buchstaben *W* und *O* in dieser Spalte zeigen an, ob die Versuche in Wasser oder Oel angestellt sind.

Dritte Reihe

$H = 760{,}56;\ h = -196{,}60;\ t = 11^\circ{,}2;\ v = v' = 0{,}0028($

No. d. Vers.	H'	h'	t'	δT	ϑ	T	T
1. W.	754,65	0	10°,4	0,00230	100°,06	[1]	
2. -	754,03	−146,97	10 ,4	0,00061	26 ,42	26°,52	+(
3. -	753,83	−136,53	12 ,0	0,00073	31 ,51	31 ,62	+(
4. -	753,33	−132,51	12 ,0	0,00077	33 ,36	33 ,50	+(
5. -	753,18	−130,90	11 ,9	0,00078	34 ,00	34 ,12	+(
6. -	752,63	−113,37	11 ,5	0,00098	42 ,46	42 ,64	+(
7. -	749,67	− 95,38	12 ,6	0,00115	49 ,95	50 ,13	+(
8. -	749,55	− 92,71	12 ,9	0,00118	51 ,22	51 ,39	+(
9. -	749,38	− 84,27	12 ,9	0,00127	55 ,35	55 ,59	+(
10. -	749,16	− 72,66	13 ,4	0,00141	61 ,02	61 ,18	+(
11. -	748,91	− 51,58	13 ,3	0,00164	71 ,42	71 ,59	+(
12. -	749,03	− 25,58	12 ,5	0,00188	81 ,96	82 ,06	+(
13. -	748,81	+ 5,53	13 ,0	0,00230	99 ,92	99 ,91	−(
14. O.	756,14	+ 1,80	13 ,5	0,00233	101 ,71	101 ,68	−(
15. -	755,59	+ 57,86	13 ,5	0,00303	129 ,53	129 ,31	−(
16. -	755,57	+ 86,05	15 ,1	0,00336	143 ,66	143 ,39	−(
17. -	755,41	+105,54	15 ,6	0,00352	153 ,33		
18. -	754,63	+129,19	12 ,5	0,00389	164 ,86		
19. -	749,25	+153,00	14 ,6	0,00417	174 ,15	173 ,76	−(
20. -	751,43	+206,94	16 ,7	0,00485	202 ,40	202 ,19	−(
21. -	752,06	+213,84	14 ,7	0,00494	206 ,20	205 ,96	−(
22. -	755,48	+234,95	13 ,9	0,00546	218 ,67	218 ,32	−(
23. -	755,79	+290,46	14 ,9	0,00622	246 ,91	246 ,77	−(
24. -	756,71	+331,61	15 ,5	0,00678	268 ,21	268 ,61	+(
25. -	757,16	+365,94	15 ,7	0,00732	285 ,90	286 ,74	+(
26. -	758,02	+413,78	16 ,1	0,00795	310 ,63	312 ,32	+1
27. -	765,10	+139,25	14 ,0	0,00420	175 ,21	175 ,29	+(
28. -	764,61	+238,38	12 ,1	0,00551	225 ,04	225 ,10	+(

1) Der Nullpunkt wurde durch einen directen Versuch in schme dem Eise bestimmt.

No. d. Vers.	H'	h'	$\frac{v'}{V}$	t'	δT	ϑ	T
			Vierte Reihe				
			$H=750{,}56; H-h=546{,}70; v=0{,}00280\,V; t=11^{\circ},2$				
1. O.	762,20	+ 15,06	0,00280	14°,9	0,00271	116°,58	116°,71
2. -	762,16	+ 82,69	0,00294	14 ,5	0,00356	151 ,02	150 ,93
3. -	762,14	+135,26	0,00284	13 ,3	0,00426	177 ,75	177 ,50
4. -	762,33	+215,15	0,00283	13 ,2	0,00523	218 ,62	218 ,46
5. -	762,52	+283,47	0,00285	12 ,8	0,00622	253 ,78	253 ,90
6. -	762,41	+340,00	0,00322	13 ,8	0,00710	283 ,24	283 ,96
			Fünfte Reihe				
			$H=750{,}56; H-h=546{,}10; v=0{,}00270\,V; t=14^{\circ},5$				
1[1])	761,65	+117,45	0,00268	14°,7	0,00405	168°,79	168°,79
2. O.	761,62	+162,88	0,00280	14 ,4	0,00461	192 ,05	191 ,82
3. -	761,80	+217,99	0,00286	14 ,0	0,00532	220 ,39	220 ,26
4. -	761,98	+279,20	0,00293	13 ,2	0,00617	251 ,98	252 ,02
5. -	762,57	+341,42	0,00304	13 ,0	0,00701	284 ,40	284 ,98
6. -	763,23	+376,97	0,00302	12 ,3	0,00760	303 ,11	304 ,01
7. -	767,52	+119,31	0,00305	10 ,6	0,00415	173 ,02	173 ,12
8. -	767,62	+256,90	0,00280	11 ,6	0,00596	243 ,38	243 ,57
9. -	767,67	+353,51	0,00281	12 ,4	0,00735	293 ,09	293 ,97
10. -	767,60	+404,10	0,00292	12 ,0	0,00807	319 ,29	320 ,73
11. -	767,72	+417,19	0,00279	12 ,4	0,00836	326 ,01	327 ,73
12. -	767,54	+465,70	0,00316	12 ,1	0,00904	351 ,51	354 ,48

Tafel der Resultate mit dem Quecksilberthermometer.

No.	p_1	p_2	p_3	T_1	T_2	T_3	T
			Erste Reihe				
	Grm.						
1.	8,6550	[2])	10,7625	50°,16		50°,18	50°,17
2.	8,7345		10,8605	50 ,62		50 ,64	50 ,63
3.	8,8040		10,9460	51 ,03		51 ,04	51 ,04
4.	10,6255		13,2325	61 ,69		61 ,81	61 ,75
5.	12,0340		15,0010	69 ,96		70 ,16	70 ,06
6.	17,0920		21,2755	99 ,82		99 ,96	99 ,89
5.	27,3255		33,9935	161 ,06		161 ,29	161 ,18
8.	35,5645		44,2180	211 ,21		211 ,24	211 ,22

1) Der Nullpunkt nach dem Versuch No. 1 zu 168°,79 berechnet.

2) Das Thermometer No. II sprang beim Versuch.

No.	p_1	p_2	p_3	T_1	T_2	T_3	T
				Zweite Reihe			
1.	4,626	7,382	5,908	34°,06	34°,14	34°,10	34°,10
2.	4,766	7,590	6,085	35 ,09	35 ,11	35 ,12	35 ,11
3.	5,548	8,834	7,077	40 ,89	40 ,90	40 ,88	40 ,89
4.	6,309	10,042	8,052	46 ,55	46 ,50	46 ,56	46 ,54
5.	6,674	10,619	8,513	49 ,25	49 ,27	49 ,25	49 ,25
6.	6,695	10,656	8,543	49 ,41	49 ,40	49 ,43	49 ,42
7.	6,862	10,926	8,759	50 ,65	50 ,66	50 ,68	50 ,66
8.	7,546	12,015	9,632	55 ,74	55 ,76	55 ,78	55 ,76
9.	13,489	21,473	17,217	100 ,32	100 ,32	100 ,38	100 ,34
				Dritte Reihe			
1,	13,455	13,131	17,173	100°,06	100°,20	100°,13	100°,13
2.	3,606	-	-	26 ,52	-	-	26 ,52
3.	4,296	-	-	31 ,62	-	-	31 ,62
4.	4,551	-	-	33 ,50	-	-	33 ,50
5.	4,635	-	-	34 ,12	-	-	34 ,12
6.	5,784	-	-	42 ,64	-	50 ,15	42 ,64
7.	6,790	-	8,668	50 ,11	-	51 ,42	50 ,13
8.	6,958	-	8,884	51 ,36	-	55 ,58	51 ,39
9.	7,517	7,345	9,597	55 ,53	55 ,67	-	55 ,59
10.	8,266	8,074	-	61 ,11	61 ,25	-	61 ,18
11.	9,655	9,432	-	71 ,49	71 ,67	-	71 ,59
12.	11,052	10,792	-	81 ,97	82 ,13	-	82 ,06
13.	13,424	13,100	-	99 ,85	99 ,97	-	99 ,91
14.	13,658	13,338	-	101 ,58	101 ,78	-	101 ,68
15.	17,296	16,883	-	129 ,20	129 ,41	-	129 ,31
16.	19,124	18,682	-	143 ,16	143 ,59	-	143 ,38
17.	20,385	-	-	152 ,82	$\frac{0}{0}$	-	-
18.	21,895	-	-	164 ,43	$\frac{0}{0}$	-	-
19.	23,086	22,535	-	173 ,62	173 ,90	-	173 ,76
20.	26,742	26,120	-	201 ,96	202 ,43	-	202 ,19
21.	27,216	26,598	-	205 ,66	206 ,25	-	205 ,96
22.	28,816	28,124	-	218 ,15	218 ,49	-	218 ,32
23.	32,429	31,659	-	246 ,55	246 ,99	-	246 ,77
24.	35,181	34,352	-	268 ,34	268 ,87	-	268 ,61
25.	37,441	36,587	-	286 ,34	287 ,14	-	286 ,74
26.	40,641	39,689	-	311 ,98	312 ,65	-	312 ,32
27.	23,285	22,727	-	175 ,15	175 ,42	-	175 ,29
28.	29,681	28,969	-	224 ,93	225 ,27	-	225 ,10

No.	p_1	p_2	p_3	T_1	T_2	T_3	T
				Vierte Reihe			
1.	15,641	15,262	15,615	116°,62	116°,76	116°,75	116°,71
2.	20,129	19,636	20,120	150 ,86	151 ,00	150 ,93	150 ,93
3.	23,580	23,003	23,560	177 ,43	177 ,61	177 ,44	177 ,50
4.	28,848	28,141	28,815	218 ,41	218 ,62	218 ,36	218 ,46
5.	33,360	32,538	33,299	253 ,90	254 ,11	253 ,67	253 ,90
6.	37,149	36,218	37,078	284 ,03	284 ,12	283 ,72	283 ,96
				Fünfte Reihe			
1.	22,451	21,906	22,432	168°,71	168°,92	168°,79	168°,81
2.	25,430	24,816	25,396	191 ,76	192 ,02	191 ,68	191 ,82
3.	29,080	28,369	29,037	220 ,22	220 ,45	220 ,10	220 ,26
4.	33,116	32,306	33,069	251 ,97	252 ,23	251 ,85	252 ,02
5.	37,261	36,357	37,212	284 ,90	285 ,25	284 ,79	284 ,98
6.	39,650	38,673	39,574	304 ,02	304 ,28	303 ,72	304 ,01
7.	23,018	22,455	22,988	173 ,09	173 ,26	173 ,02	173 ,12
8.	32,046	31,261	32,000	243 ,53	243 ,77	243 ,41	243 ,57
9.	38,403	37,447	38,325	294 ,03	294 ,19	293 ,70	293 ,97
10.	41,734	40,682	41,662	320 ,79	320 ,87	320 ,54	320 ,73
11.	42,593	41,541	42,521	327 ,73	327 ,99	327 ,47	327 ,73
12.	45,883	44,731	45,843	354 ,43	354 ,55	354 ,46	354 ,48

Angaben der zu vorstehenden Reihen angewandten Quecksilberthermometer.

	Thermometer I	Thermometer II	Thermometer III
	Reihe I		
$P =$	1126grm,932		1406grm.,592
$p =$	17 ,185		21 ,362
$H =$	769mm.,68		769mm.,53
$T =$	100°,36		100°,36
$\pi =$	17,1233		21,2853
	Reihe II		
$P =$	885grm.,121	1407grm.,781	1126grm.,904
$p =$	13 ,458	21 ,403	17 ,168
$H =$	762mm.,56	762mm.,92	762mm.,84
$T =$	100°,09	100°,11	100°,10
$\pi =$	139grm.,446	21grm.,379	17grm.,151

	Thermometer I	II	III
	Reihe III		
$P' =$	885,121	862,732	1126,904
$p =$	13,458	13,085	17,168
$H =$	762,56	755,83	762,84
$T =$	100°,09	99,85	100°,10
$\pi =$	13,446	13,104	17,151
	Reihe IV u. V		
$P =$	885,121	862,732	882,694
$p =$	13,458	13,085	13,445
$H =$	762,56	755,83	762,14
$T =$	100°,09	99,85	100°,08
$\pi =$	13,446	13,104	13,434

Aus diesen Versuchen ersieht man, dafs zwischen 0° und 100° C., das Luftthermometer beinahe genau mit dem Quecksilberthermometer übereinstimmt, was die älteren Beobachtungen des Hrn. Gay-Lussac bestätigt. Es ist jedoch zu bemerken, dafs bei meinen Versuchen das Luftthermometer gegen die Mitte seiner Skale beständig um etwa 0°,2 hinter dem Quecksilberthermometer zurückblieb. Diefs scheint anzuzeigen, dafs in dem Gange beider Thermometer wirklich ein kleiner Unterschied vorhanden ist, aber ein zu kleiner, als dafs es nöthig wäre, darauf Rücksicht zu nehmen. Er fällt überdiefs zwischen die Unsicherheits-Gränzen, welche von der Verrückung des Nullpunkts am Quecksilberthermometer abhängen.

Oberhalb 100° ist der Gang des Quecksilberthermometers ziemlich im Einklang mit dem des Luftthermometers bis etwa zur Temperatur 250°. Von diesem Punkte an eilt das Quecksilberthermometer dem Luftthermometer voraus; bei 300 beträgt der Unterschied 1°, bei 325° steigt er auf 1°,75, und endlich bei 350° sogar auf ungefähr 3°.

Die in obigen Tafeln angeführten Angaben der Quecksilberthermometer sind etwas zu gering; sie bedürfen ei-

ner sehr kleinen Berichtigung, die aber schwer auf eine genaue Weise zu bestimmen ist. Man suchte die Menge des Quecksilbers in den nicht in Oel eingetauchten Theilen der Thermometerstiele so klein wie möglich zu machen, konnte sie aber nicht unmerklich machen. Bei den angewandten Thermometern entsprachen die nicht eingetauchten Stielstücke etwa 7° für jedes dieser Thermometer, so dafs, wenn man mit τ die Temperatur dieser Stielstücke bezeichnet, man zu jeder Temperatur T der Quecksilberthermometer hinzufügen mufs

$$\Delta T = 7^{\circ} \frac{T-\tau}{6280}.$$

Die scheinbare Ausdehnung des Quecksilbers im Glase ist hier als constant vorausgesetzt. Nimmt man $\tau = 50^{\circ}$, so findet man für

$T=150^{\circ}$	$\Delta T = 0^{\circ},11$
$T=200$	$\Delta T = 0\ ,16$
$T=250$	$\Delta T = 0\ ,22$
$T=300$	$\Delta T = 0\ ,27$
$T=350$	$\Delta T = 0\ ,33.$

Man wird bemerken, dafs diese Addition beinahe den Zeichenwechsel vernichtet, den man beständig in der Columne der Unterschiede zwischen den Punkten 100° und etwa 250° antrifft. Diese Berichtigung gemacht, ergiebt sich aus meinen Versuchen der zusammengehörige Gang beider Thermometer folgendermaafsen:

Luftthermometer	Quecksilberthermometer	Unterschiede
0°	0	0
50	50,2	+ 0,2
100	100,0	0
150	150,0	0
200	200,0	0
250	250,3	+ 0,3
300	301,2	+ 1,2
325	326,9	+ 1,9
350	353,3	+ 3,3.

Gegen 150° scheinen meine Versuche einen kleinen negativen Unterschied anzuzeigen. Die kleinen Unregelmäfsigkeiten übrigens, die man in dem vergleichenden Gang der beiderlei Thermometer bemerkt, müssen offenbar den Unregelmäfsigkeiten in der Ausdehnung des Glases zugeschrieben werden, die eine desto beträchtlichere momentane Verschiebung des Nullpunkts veranlassen, als der Apparat auf eine höhere Temperatur gebracht wird. Diese Ungleichheiten in der Ausdehnung des Glases werden immer verhindern, dafs die Anzeigen eines selben Quecksilberthermometers unter sich vollkommen vergleichbar sind. Schon in meiner ersten Arbeit (Ann. Bd. 55 S. 585) habe ich bemerklich gemacht, dafs mehrere Versuche, die hintereinander zur Bestimmung der Ausdehnung eines selben Glasapparats zwischen denselben Temperaturgränzen und unter identischen Umständen angestellt werden, sehr selten ganz übereinstimmende Resultate geben, und die Unterschiede zu grofs sind, als dafs sie einzig den Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden könnten. Bei den Vergleichungen, die ich in den vorhergehenden Versuchen mit Ausflufsthermometer vorgenommen, habe ich Gelegenheit gehabt, diese Thatsache mehrmals zu bestätigen.

Es ist wichtig zu bemerken, dafs die vorstehenden Resultate nur gelten für den vergleichenden Gang des Luftthermometers, berichtigt wegen der Ausdehnung des Glases, und eines Quecksilberthermometers, construirt aus Röhren von französischem Glase, mit einem Wort, aus genau denselben, die zu meinen Versuchen dienten. Die Berichtigungstafeln könnten ganz anders ausfallen, wenn die Quecksilberthermometer mit Gläsern von anderer Natur construirt wären.

Insgemein nimmt man an, dafs zwei Quecksilberthermometer, die bei 0° und 100° übereinstimmen, es auch bei allen übrigen Punkten der Skale thun. Nichts ist aber unrichtiger als diese Annahme. Wenn die beiden Ther-

mometer nicht genau aus derselben Glasart construirt sind, so können in hohen Temperaturen Unterschiede von mehren Graden vorkommen.

Um diese Thatsache festzustellen brauche ich mich nur auf die kleine Tafel S. 207 zu berufen, aus welcher sich der vergleichende Gang der zu meinen Versuchen angewandten Quecksilberthermometer und eines aus einem Ballon von gemeinem pariser Glase verfertigten Quecksilberthermometers herleiten läfst, wie folgt:

Mittel aus I u. II	Kugelthermometer	Unterschied
0°	0°	0
100	100	0
147 ,78	147 ,75	— 0,03
208 ,13	208 ,34	+ 0,21
254 ,13	255 ,29	+ 1,16
282 ,85	284 ,31	+ 1,46

Das aus dem Ballon construirte Thermometer eilte den aus Röhren verfertigten von 200° ab voraus, und bei 285° betrug der Unterschied etwa 1°,5 [1]).

Noch deutlicher ergaben sich die Gang-Unterschiede durch Versuche mit drei Ausflufs-Quecksilberthermometern, gebildet das erste aus einem kleinen Glasballon und daran geschmolzenen Haarröhrchen, das zweite von einer aus einem Haarröhrchen geblasenen Kugel von gemeinem Glase und das dritte von einer Kugel, aus einer Röhre von Krystallglas. Alle Kugeln hatten nahezu gleichen Durchmesser, die Röhren gleiches Kaliber und gleiche Länge, mit einem Worte: die drei Thermometer waren so ähnlich wie möglich. Sie wurden auf ein kleines Messinggestell (Taf. I Fig. 7) gebracht, welches seinerseits in einem reckteckigen Kasten voll Oel stand.

1) Diese Gangverschiedenheiten der Quecksilberthermometer in hohen Temperaturen gehen auch sehr gut aus den Tafeln S. 207 bis 209 hervor. Das Thermometer No. II gab beständig eine etwas höhere Temperatur, als die beiden anderen.

Die Thermometer waren zuvor von Luft und Feuchtigkeit wohl gereinigt, und durch einen directen Versuch hatte man das Gewicht Quecksilber, welches von 0° bis 100° aus diesen Instrumenten austrat, sorgfältig bestimmt. Ein dicker, am Messinggestell sitzender Kupferdraht erlaubte den Apparat in dem Bade zu drehen und jedem Thermometer alle möglichen Lagen zu geben, so dafs man nicht die angegebenen Unterschiede von einer etwaigen Verschiedenheit der Temperatur in den verschiedenen Theilen des Kastens ableiten kann. Das Oel wurde überdiefs durch die Umrührer beständig bewegt.

I Röhre von gemeinem Glase, zur Kugel ausgeblasen	II Kleiner Ballon von gemeinem Glase	III Röhre von Krystallglas, zur Kugel ausgeblasen	Unterschied zwischen I u. III
0°	0°	0°	0°
100	100	100	0
190 ,51	190 ,84	191 ,66	+ 1,15
246 ,68	247 ,02	249 ,36	+ 2,68
251 ,87	252 ,06	254 ,57	+ 2,70
279 ,08	279 ,31	282 ,50	+ 3,42
310 ,69	311 ,14	315 ,28	+ 4,59
333 ,72	333 ,76	340 ,07	+ 6,35

Die Thermometer I und II gingen beinahe übereinstimmend, indefs war No. II immer dem No. I etwas voraus. Das Thermometer III, mit Behälter aus Krystallglas, zeigte dagegen einen weit rascheren Gang als die beiden ersten; es war bei 330° über 6° gegen das Thermometer aus gemeinem Glase voraus. Am Schlusse der Versuche überzeugte ich mich, durch Vergleichung der Apparate mit dem darin gebliebenen Quecksilber, dafs bei keinem der drei Thermometer ein Verlust an Quecksilber stattgefunden hatte. Das Gewicht, hinzugefügt zum Gewichte des ausgeflossenen Quecksilbers, gab genau das Gewicht, welches vor dem Versuch gefunden ward [1]).

1) Ich behaupte nicht, dafs die Gangverschiedenheiten zwischen den Thermometern mit Behältern von gemeinem und von Krystallglas

Mithin haben die drei Glassorten nicht blofs im Ganzen verschiedene Ausdehnungs-Coëfficienten, sondern sie folgen auch in ihrer Ausdehnung verschiedenen Gesetzen. Die Gläser, welche den kleinsten Ausdehnungs-Coëfficienten besitzen, scheinen mit der Temperatur einen weniger raschen Anwuchs ihrer Ausdehnung zu erfahren.

Diese Resultate sind, glaube ich, hinreichend, zu zeigen, dafs man in Zukunft die zu genauen Versuchen angewandten Quecksilberthermometer nicht blofs an den beiden festen Punkten der Skale, sondern auch in höheren Temperaturen vergleichen müsse, indem man bei Vernachlässigung dieser Vorsicht beträchtliche Fehler begehen kann. Man sieht auch daraus, wie sehr die absoluten Angaben der Quecksilberthermometer in den hohen Temperaturen, entfernt von den festen Punkten, unsicher sind und welche Schwierigkeit es hat, dafs die unter dergleichen Umständen von verschiedenen Beobachtern erhaltenen Resultate streng vergleichbar seyen. Es ist daher zu wünschen, dafs man sich bei genauen Versuchen unmittelbar des Luftthermometers bediene, da dessen Angaben, wegen der Gröfse der Ausdehnung der Luft, welche die Unregelmäfsigkeiten in der Ausdehnung der Hülle unmerklich macht, immer vergleichbar sind.

Das zu meinen Versuchen angewandte Luftthermometer gründet sich auf die Messung der Aenderungen der Spannkraft des Gases, bei ungeändertem Volum. Ich gab dieser Methode den Vorzug vor der, wo man die Volumsvergröfserung direct mifst. Diese letztere ist umständlicher und bietet überdiefs den sehr grofsen Uebelstand dar, dafs sie, je höher die Temperatur, desto unempfindlicher in ihren Angaben ist.

immer so bedeutend seyen, als sie hier gefunden wurden. So zeigten zwei andere Thermometer mit Behältern von gemeinem Glas und Krystallglas (geblasen aus andern Röhren, als die zu den übrigen Versuchen angewandten) nur einen Unterschied von 3° bei der Temperatur von 300°; aber der Unterschied lag in gleichem Sinne.

Die so einfachen Gesetze, die bisher über die Ausdehnungen der Gase angenommen worden, haben die Physiker verleitet, das Luftthermometer als ein Normalthermometer anzusehen, dessen Angaben den Anwüchsen der Wärmemengen wirklich proportional seyen. Nachdem diese Gesetze als unrichtig erkannt sind, sieht man, dafs das Luftthermometer zurückfällt in die Klasse aller übrigen Thermometer, deren Gang eine mehr oder weniger complicirte Function der Wärme-Anwüchse ist. Man begreift darnach, wie weit wir noch davon entfernt sind, Mittel zur Messung absoluter Wärmemengen zu besitzen, und wie gering beim gegenwärtigen Zustande unserer Kenntnisse die Hoffnung ist, in den von diesen Gröfsen abhängigen Erscheinungen einfache Gesetze durch Versuche aufzufinden.

III. *Untersuchungen über gewisse Umstände, welche auf die Temperatur des Siedpunkts der Flüssigkeiten von Einflufs sind; von Hrn. F. Marcet.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Mém. de la Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève. T. IX.* — Ein kurzer Bericht von dieser schätzenswerthen Arbeit wurde bereits im vorigen Bande S. 170 geliefert.)

Im Allgemeinen sind die Physiker darüber einverstanden, dafs die Temperatur, bei welcher eine Flüssigkeit siedet, von drei ganz verschiedenen Umständen abhängt: 1) von der Natur der Flüssigkeit, 2) vom Druck der Atmosphäre und 3) von der Natur des Gefäfses, in welchem das Sieden geschieht. Dieser letztere Punkt ist es, auf welchen ich für eine Weile die Aufmerksamkeit der Gesellschaft lenken werde.

Hr. Gay-Lussac hat zuerst bemerkt, dafs in dem Siedpunkt des Wassers beträchtliche Unterschiede vorkommen, je nach der Natur des angewandten Gefäfses

und der in die Flüssigkeit eingebrachten Substanzen, selbst wenn diese sich nicht darin auflösen. Nach diesem Gelehrten siedet das nämliche Wasser, welches in einem Metallgefäfse bei der Temperatur 100° ins Sieden geräth, in einem Glasgefäfse erst bei 101°,232. Die Einschüttung von Etwas zerstofsenen Glases senkt diese Temperatur auf 100°,329, und die von Eisenfeilicht führt sie auf 100° zurück, wie wenn das Sieden in einem Metallgefäfs geschähe [1]).

Zwei Erklärungen sind von dieser Erscheinung gegeben. Einige Physiker schienen anfangs geneigt, dieselbe wenigstens zum Theil von dem Unterschiede in der Wärmeleitung des Metalls und des Glases herzuleiten. Andere dagegen sehen darin das Ergebnifs einer blofsen Anhaftung der Flüssigkeit an den Wänden des Gefäfses. In der That kann man annehmen, dafs das Sieden eintritt, wenn die Abstofsungskraft der Wärme hinreichend ist, die Cohäsion der Theilchen der Flüssigkeit nebst dem Druck der Atmosphäre zu überwinden. Wenn nun die Flüssigkeit in einem Gefäfse befindlich ist, dessen Wände mehr Adhäsion zu den Flüssigkeitstheilchen haben als diese unter sich, so bedarf es offenbar zur Ueberwältigung dieser Adhäsion mehr Wärme als nöthig seyn würde, um die blofse Cohäsion der Flüssigsigkeitstheilchen zu überwinden. Auf dem ersten Blick scheint diese Bemerkung zwar nur auf die unmittelbar mit den Wänden in Berührung stehende Portion der Flüssigkeit anwendbar; erwägt man indefs, dafs der unterscheidende Charakter des Siedens in der gleichzeitigen Dampfbildung in allen Theilen der Flüssigkeit liegt, so wird man zugeben, dafs die Temperatur dieser Flüssigkeit nothwendig steigen müsse, bis diese in der gesammten Masse, an den Wänden sowohl wie anderswo, die Wärme erlangt hat, welche zum Uebergang derselben in den elastischen Zustand erforderlich ist.

1) Péclet, *Traité de physique* 2me· *edit. T. I p.* 599.

Ist die obige Erklärung gegründet, so folgt daraus natürlich, daſs die Einschüttung von Hammerschlag oder Feilicht von Eisen, Zink oder irgend einer anderen Substanz von weniger Molecular-Adhäsion zum Wasser als das Glas hat, in dem Ballon die Temperatur der siedenden Flüssigkeit senken muſs, ohne sie indeſs je auf 100° herabzubringen, d. h. auf die Temperatur, bei welcher das Sieden in einem Metallgefäſs geschieht. Man begreift nämlich, daſs es immer einige Theile des Ballons geben werde, wo das Wasser nicht mit dem Metall in Berührung ist und wo also die Adhäsion der Flüssigkeit noch einen Theil ihres Einflusses ausüben kann. Dieſs scheinen auch die Versuche zu beweisen, von denen ich Rechenschaft geben werde und deren Resultate in dieser Beziehung von denen abweichen, die Hr. Gay-Lussac erhalten zu haben scheint. Während nämlich nach diesem Gelehrten die Anwesenheit von Metallfeilicht in einem Glasballon die Temperatur des siedenden Wassers auf 100 zurückführen würde, geben meine Versuche 100°,4 als niedrigste Temperatur, bei welcher dieses Sieden stattfinden kann, was für eine metallische Substanz man auch in die Flüssigkeit schütte [1]).

Wenn es schwierig scheint anzunehmen, daſs die Einschüttung von Metallfeilicht in einen Glasballon den Siedpunkt des Wassers auf denjenigen herabbringen könne,

1) Ich muſs hier bemerken, daſs ich bei allen meinen Versuchen mit Feilicht von Eisen oder Zink dasselbe so grob nahm, daſs es das Mittel hielt zwischen eigentlichem Feilicht und Hammerschlag. Später, nach der Lesung dieses Aufsatzes, ist es mir mit Anwendung von sehr feinem Feilsel gelungen, Wasser in einem Glaskolben bei einer Temperatur zu sieden, die nur um einige Hundertel eines Grades den Siedpunkt in einem Metallgefäſs überstieg. Ich habe mich übrigens überzeugt, wie man weiterhin sehen wird, daſs in diesem Falle die Molecular-Adhäsion nicht die einzige Kraft ist, die da wirkt. Der Einfluſs der zahlreichen Spitzen, welche das Feilsel im Zustande groſser Zertheilung darbietet, spielt auch eine bedeutende Rolle in der Erzeugung des Phänomens; jede Spitze wird eine Art Mittel- oder Brennpunkt, von dem aus unzählige Dampfblasen aufsteigen.

der in einem metallenen Gefäfse stattfindet, was soll man dann zu dem Fall denken, wo man in den Ballon eine Substanz bringt, die zum Wasser eine noch weit geringere Adhäsion als das Eisen hat? darf man nicht dann eine neue Senkung des Siedpunkts erwarten? Und wenn die ganze Innenwand des Ballons mit einer solchen Substanz bekleidet wäre, müfste man dann nicht annehmen, dafs in demselben das Wasser sogar bei einer niederen Temperatur als in einem Metallgefäfs zum Sieden käme? Und wirklich geschieht diefs auch, wie ich leicht durch den Versuch nachgewiesen habe.

Ich wählte zu dem Ende einen Glaskolben, in welchem das Sieden des Wassers bei 101°,2 stattfand; ich schüttete eine geringe Menge von Schwefelblumen hinein, einer Substanz von äufserst schwacher Molecular-Adhäsion zum Wasser, und schmolz dieselbe so, dafs sie den Boden und einen Theil der Wände des Ballons in Tröpfchen überzog. Als ich darauf destillirtes Wasser in diesem Ballon erhitzte, bemerkte ich, dafs es bei 99°,85, d. h. 0,15 eines Grades niedriger als in einem Eisengefäfs, ins Sieden gerieth. Wenn man die Innenwand des Ballons, statt mit zerstreuten Schwefeltröpfchen zu bekleiden, gleichförmig mit einer dünnen Schicht von Gummilak überzieht, so ist die Senkung der Temperatur des siedenden Wassers noch bedeutender. Das Sieden geschieht nämlich bei 99°,7, d. 0°,3 niedriger als in einem Metallgefäfs. Zu demselben Resultat gelangt man, wenn man das Innere eines eisernen oder kupfernen Gefäfses mit einer zusammenhängenden Schicht Gummilack überzieht; in diesem Fall wird der Siedpunkt in einem Metallgefäfs auf etwa 99°,8 herabgesetzt [1]). Man war

1) Im Allgemeinen schien mir in diesem Fall das Sieden in einem Glasgefäfs etwa um 0,1 Grad niedriger stattzufinden, als in einem Metallgefäfs. Ich leite diesen Unterschied davon ab, dafs die Gummilack-Schicht leichter und vollständiger am Glase als am Metall haftet, sich auch weniger leicht bei Erwärmung davon ablöst.

demnach im Irrthum, wenn man bisher, wie es scheint, annahm, daſs, für einen gegebenen Barometerstand, der Siedpunkt des Wassers in einem Metallgefäſs der möglichst niedrigste sey, vielmehr kann diese Temperatur in gewissen Fällen noch um 0°,3 sinken.

Ist man gleich zu der Annahme geführt, daſs der Siedpunkt einer Flüssigkeit veränderlich ist nach der gröſseren oder geringeren Adhäsion ihrer Theilchen zu der Wandung des Gefäſses oder den Substanzen, mit welchen diese in Berührung steht, so scheint es doch anders zu seyn mit der Temperatur des Dampfes, der während des Siedens aus dieser Flüssigkeit aufsteigt. In der That wird, um die Adhäsion der Theilchen einer Flüssigkeit zu den Wänden des Gefäſses zu überwinden, keine Kraft mehr erfordert, sobald diese Flüssigkeit in elastischen Dampf verwandelt worden ist, da dieser nicht mehr in molecularem Contact mit dem Gefäſse steht, also eine von dessen Natur unabhängige Temperatur haben muſs. Die Temperatur dieses Dampfs wird also nur vom Druck der Atmosphäre abhängen, oder, anders gesagt, muſs, für den Fall mit destillirtem Wasser, immer 100 Grad betragen, was auch die Temperatur der siedenden Flüssigkeit seyn mag.

Diese Ansicht, die mir die natürlichste Folgerung aus der Erklärung des von Hrn. Gay-Lussac beobachteten Phänomens zu seyn scheint, ist indeſs nicht allgemein angenommen. In der That, befragt man die verbreitetsten physikalischen Werke, so findet man, daſs sie alle behaupten, die Temperatur des siedenden Wassers an seiner Oberfläche sey genau dieselbe, wie die des daraus entweichenden Dampfs, und zwar ohne deutlich anzugeben, daſs die Natur der angewendeten Gefäſse die Genauigkeit dieser Behauptung irgendwie abändern könne. Auf diese Thatsache sich stützend, hat man es bequem gefunden, zur Bestimmung des Siedpunkts, bei der Graduirung eines Thermometers, das Instrument lieber in

Wasserdampf von 100° als in siedendes Wasser zu tauchen. Man weifs nämlich, dafs man, um wirklich die Temperatur einer siedenden Flüssigkeit in der Nähe ihrer Oberfläche zu erhalten, kein anderes Hülfsmittel hat, als das Thermometer horizontal darin einzulegen, so dafs es ganz in die Temperatur getaucht sey, die man ihm geben will. Diese Bedingung, welche unumgänglich ist, wenn man den Siedpunkt mit einer gewissen Genauigkeit bestimmen will, vermehrt natürlich die Schwierigkeit der Beobachtung. Auch haben die Physiker nicht gesäumt, aus der vorausgesetzten Gleichheit der Temperatur des siedenden Wassers an seiner Oberfläche und der des daraus aufsteigenden Dampfs den Nutzen zu ziehen, dafs sie sich bei der Bestimmung des Siedpunkts begnügten, das Thermometer in den Dampf des in einem Metallgefäfs zum Sieden gebrachten Wassers zu bringen, lieber als in die siedende Flüssigkeit selbst.

Allein wenn diese, ich glaube, allgemein angenommene Graduirungsweise vollkommen genaue Thermometer liefern soll, ist es unerläfslich, dafs die vollkommne Einerleiheit der Temperatur des siedenden Wassers und des daraus entspringenden Dampfs aufser allem Zweifel gesetzt werde, wenigstens für den Fall mit einem Metallgefäfs. Dem scheint aber die Theorie auf den ersten Blick zuwider zu seyn, weil die Molecular-Adhäsion der Flüssigkeit zu den Wänden eines Metallgefäfses zwar geringer ist als zu einem Glasgefäfs, doch aber lange nicht vollständig Null. Diese Adhäsion mufs also, selbst bei einem Metallgefäfs, bis zu einem gewissen Grade zur Verzögerung des Siedens der Flüssigkeit beitragen und deren Temperatur etwas höher machen als die ihres Dampfs. Theoretisch scheint mir, müfste, damit die siedende Flüssigkeit und ihr Dampf von gleicher Temperatur seyn könnten, sich denken lassen, ein gegebenes Volum von Flüssigkeit schwebe frei in der Atmosphäre oder sey wenig-

stens in einem Gefäfse befindlich, zu deren Wänden sie keine merkliche Adhäsion habe. Die Versuche, von denen ich berichten werde, wurden in der Hoffnung unternommen, das besagte Phänomen einigermafsen aufzuklären.

Ich achtete sorgfältig auf alle Vorsichtsmaafsregeln, die von den mit diesem Gegenstand beschäftigt gewesenen Physikern angezeigt sind, um mich so viel wie möglich gegen die verschiedenen, bei Untersuchungen dieser Art nur zu häufigen Fehlerquellen sicher zu stellen. Zu dem Ende bediente ich mich zweier Thermometer, die von dem geschickten Künstler, Hrn Noblet, in Genf, mit gröfster Sorgfalt verfertigt waren. Diese Thermometer, obwohl sehr empfindlich, hatten Grade von solcher Gröfse, dafs man mit blofsem Auge Zehntel, und mit der Lupe Drei- und Vierhundertel eines Grades ablesen konnte. Meistens tauchte ich sie ganz in die langhalsigen Kolben, in welchem die Flüssigkeiten dem Versuch unterworfen wurden, um gewifs zu seyn, dafs die gesammte Quecksilbersäule auf die Siedhitze gebracht worden war. Diese Vorsicht wurde indefs nicht immer befolgt, wenn es sich blofs darum handelte, die Temperatur einer Flüssigkeit mit der ihres Dampfes zu vergleichen. In diesem Falle reichte es nämlich hin, sich zu versichern, dafs in den beiden vergleichenden Versuchen ein gleiches Stück der Thermometerröhre sich in den Ballon eingeschlossen befand.

Meine ersten Versuche betrafen den Vergleich der Temperatur des in einem Blechcylinder von 8 Zoll Höhe und etwa 1 Zoll Breite siedenden Wassers mit der des daraus aufsteigenden Dampfs, genommen in der Höhe von etwa einem halben Zoll über der Oberfläche der Flüssigkeit. Das erwähnte Gefäfs, welches oft ein bis zwei Zoll Wasser enthielt, war verschlossen durch einen Propfen, durch welchen das Thermometer ging, und in welchem Längenöffnungen von solcher Gröfse gemacht

wa-

waren, dafs der Dampf, wie heftig auch das Sieden war, immer frei entweichen konnte. Zehn Versuche hintereinander lieferten folgende Resultate, reducirt auf den Barometerstand von 28 Zoll.

Tafel I.

	Temperatur des im Metallgefäfs siedenden Wassers[1])	des Dampfs
Versuch No. 1	100°	99°,84
2	100	99 ,85
3	100	99 ,88
4	100	99 ,81
5	100	99 ,86
6	100	99 ,84
7	100	99 ,87
8	100	99 ,85
9	100	99 ,78
10	100	99 ,82
Mittel	100°	99°,84

Aus dieser Versuchsreihe geht hervor, dafs die Temperatur des in einem Metallgefäfs siedenden Wassers nicht identisch ist mit der des daraus aufsteigenden Dampfs, vielmehr im Mittel 0°,16 höher als letztere. Dieser Unterschied ist zwar nicht beträchtlich, doch aber merklich genug, dafs man sich wundern könnte, wie er den mit diesem Gegenstand beschäftigt gewesenen Physikern entgangen ist. Lange Zeit glaubte ich daher, dafs ich selbst in eine Fehler-Quelle gerathen sey, und erst nach einer grofsen Zahl von Versuchen, die mir beständig das nämliche Resultat gaben, wurde ich meiner Sache gewifs.

Ich habe vorhin bemerkt, dafs, um den Wasserdampf und die siedende Flüssigkeit, aus der er sich er-

1) In Gefäfsen von verschiedenen Metallen schien mir das Wasser nicht bei vollkommen gleicher Temperatur zu sieden; doch ging der stärkste Unterschied, der nämlich, den ich zwischen einem weifsblechernen und einem kupfernen Gefäfse bemerkte, nicht über 0,1 Grad.

hebt, von gleicher Temperatur zu erhalten, diese Fl
sigkeit in einem Gefäfse, zu dessen Wänden sie dur
aus keine Adhäsion hätte, eingeschlossen müfste geda
werden können. Zu diesem Resultat bin ich gelangt,
dem ich das Wasser in einem metallenen oder gläs
nen Gefäfs sieden liefs, das inwendig mit einer dünn
Schicht Gummilack überzogen war. In diesem Fall v
schwand aller Unterschied zwischen der Temperatur
Dampfs und der ihn umgebenden Flüssigkeit vollständi

Wir haben eben gesehen, dafs selbst in einem M
tallgefäfs zwischen der Temperatur des Dampfs und
ihn erzeugenden Flüssigkeit ein leichter Unterschied v
handen ist. Dieser Unterschied wird in einem Glasg
fäfs weit beträchtlicher, ohne Zweifel in Folge der st
keren Adhäsion des Wassers zu dem Glase. Die f
gende Tafel enthält die Resultate eines Vergleichs
Temperatur des in einem Glasgefäfs siedenden Wass
mit der seines Dampfs. Das eine Thermometer befa
sich in dem Wasser, das andere 0,5 Zoll oberhalb d
selben.

Tafel II.

	Temperatur des im Glaskolben siedenden Wassers	des Dampfs
Versuch No. 1	101°,25	99°,91
2	100 ,90	99 ,88
3	100 ,40	99 ,86
4	101 ,20	99 ,92
5	100 ,85	99 ,88
6	100 ,85	99 ,86
7	101 ,20	99 ,91
8	100 ,25	99 ,90
9	100 ,65	99 ,90
Mittel	100 ,95	99 ,89.

Aus dieser Versuchsreihe geht hervor, dafs in
nem Glaskolben der Unterschied zwischen der Tempe
tur des siedenden Wassers und der seines Dampfs

Durchschnitt 1°,06 beträgt, während der Unterschied zwischen der Temperatur des in einem Metall- und Glasgefäfs siedenden Wassers im Mittel 0°,95 ist. Dieser beträchtliche Unterschied beim Glasgefäfs, zwischen der Temperatur des siedenden Wassers und seines Dampfs, erklärt sich, wie wir gesehen haben, durch Wirkung einer molecularen Adhäsion des Wassers zu dem Glase, einer Adhäsion, welche der Art ist, dafs sie das Sieden der Flüssigkeit in einem Gefäfse verzögern mufs, aber keinen Einflufs auf den Dampf derselben ausüben kann. Weniger leicht begreiflich scheint mir der, obwohl äufserst schwache, aber fast nie fehlende Unterschied, den ich in der Temperatur des Dampfs bemerkt habe, wenn die ihn ausgebende Flüssigkeit in einem Metall- oder einem Glasgefäfs enthalten ist. Es scheint als müfsten beide Dämpfe gleich gut gegen jeden Einflufs der Adhäsion der Flüssigkeit zu den Wänden des Gefäfses geschützt seyn. Wäre vielleicht die Annahme erlaubt, dafs, beim Glasgefäfs eine schwache Adhäsion des Dampfs der Flüssigkeit zu den Wänden des Gefäfses eine geringe Temperatur-Erhöhung verursachte, oder könnte man es ableiten von der blofsen Erwärmung, herrührend von der Nachbarschaft der siedenden Flüssigkeit, die, wie wir gesehen, in einem Glasgefäfs etwa 1° wärmer ist als in einem Metallgefäfs.

Es ist noch für die Tafel S. 226 zu bemerken, dafs der Siedpunkt des Wassers im Glase merklich von einem Kolben zum andern schwankt, selbst wenn das Glas anscheinend von vollkommen einerlei Beschaffenheit ist [1]). Dieser Unterschied betrug im Maximo 0°,85; es war nämlich die höchste Temperatur, bei welcher das Sieden in einem Glaskolben stattfand 101°,25, die niedrigste in ei-

1) Es waren neue Kolben von dünnem grünem Glase mit langem Halse, wie man sich deren für gewöhnlich bedient, um Flüssigkeiten ins Sieden zu bringen, ohne befürchten zu dürfen, dafs die Gefäfse springen.

nem Kolben von anscheinend derselben Natur 100°,4. Im letzteren Fall geschah das Sieden fast ohne Aufstofsen, fast wie in einem Metallgefäfs und die Temperatur der Flüssigkeit blieb während des Siedens fast unverändert. Meistens ist dagegen das Sieden in Glasgefäfsen von Stöfsen begleitet, desto heftigeren, als die Temperatur, bei welcher es stattfindet, höher ist. In den meisten Fällen ist auch der Siedpunkt in einem selben Kolben constanten Schwankungen von 0°,1 bis 0°,25 unterworfen, und diese Schwankungen sind um so beträchtlicher als das Aufstofsen heftiger ist.

Die folgende Tafel (III) enthält eine Reihe Versuche über die vergleichende Temperatur des in einem Eisen- oder Zink-Hammerschlag enthaltenden Glaskolben siedenden Wassers und des daraus aufsteigenden Dampfs. Man wird bemerken, dafs in diesem Fall die Temperatur des Wassers sich der des Dampfes nähert, jedoch entfernter davon bleibt als im Fall eines Metallgefäfses [1]). Auf diese Tafel folgt eine andere (IV) über die vergleichende Temperatur des Dampfes aus siedendem Wasser in einem Metallgefäfs und einem Glaskolben mit und ohne Hammerschlag. Man wird bemerken, dafs in den beiden letzten Fällen die Temperatur beinahe gleich ist, allein beständig um einige Hundertel (durchschnittlich 0°,05) höher als die Temperatur des in einem Metallgefäfs gebildeten Dampfs.

1) Seit diese Abhandlung unter der Presse ist, habe ich bemerkt, dafs wenn man sich statt des Eisenhammerschlags äufserst feinen Eisenfeilsels bedient, die Temperatur des in einem Glaskolben siedenden Wassers sich ungemein (bis auf einige Hundertel) der Siede-Temperatur in einem Metallgefäfs nähert.

Versuch	Tafel III Temperatur d. im Glaskolben mit Eisenhammerschlag sied. Wassers	des Dampfs	Tafel IV Temperatur des Dampfs in einem Metallgefäfs	in einem Glasgefäfs ohne Eisenhammerschlag	mit Eisenhammerschlag
No. 1	100°,32	99°,89	99°,84	99°,91	99,89
2	100 ,25	99 ,88	99 ,85	99 ,88	99,88
3	100 ,50	99 ,92	99 ,88	99 ,86	99,92
4	100 ,40	99 ,90	99 ,81	99 ,92	99,90
5	100 ,48	99 ,87	99 ,86	99 ,88	99,87
6	100 ,45	99 ,89	99 ,87	99 ,86	99,89
7	100 ,25	99 ,87	99 ,85	99 ,91	99,87
8	100 ,40	99 ,88	99 ,78	99 ,90	99,88
9	100 ,30	99 ,90	99 ,82	99 ,90	99,90
Mittel	100 261	99, 889	99 ,840	99 ,891	99,889

Wir sprachen so eben von dem beträchtlichen Temperaturunterschied, der beim Sieden des Wassers in anscheinend vollkommen identischen Glaskolben statthaben kann. Dieser Unterschied, der, wie wir gesehen, bis 0°,85 gehen kann, verschwindet gröfstentheils nach Einschüttung von etwas Eisenhammerschlag in den Kolben. Man kann aus Tafel III ersehen, dafs er alsdann nicht über 0°,23 geht. Endlich ersieht man aus Tafel IV, dafs zwischen der Temperatur des Dampfs von einem Versuch zum andern, selbst wenn man sich verschiedener Kolben bedient, kein beträchtlicher Unterschied vorhanden ist.

Nachdem ich den Einflufs der Natur des Gefäfses auf die Siedtemperatur sowohl beim destillirten Wasser als bei dessen Dampf studirt hatte, suchte ich zu ermitteln, ob ähnliche Erscheinungen sich auch beim Sieden anderer Flüssigkeiten zeigen würden. Ich richtete meine Versuche hauptsächlich auf Salzwasser von verschiedenem Salzgehalt und auf Alkohol.

1. *Salzwasser*. Meine ersten Versuche betrafen den Siedpunkt des Salzwassers in Gefäfsen von verschiedener Natur. Fünf solcher Versuche gaben im Mittel folgende Resultate:

Salzgehalt	Siedpunkt des Salzwassers in einem Metallgefäfs	Glaskolben	do. mit Eisenhammerschlag
7 Proc.	101°,25	101°,75	101°,45
10 -	101 ,70	102 ,35	101 ,94
25 -	104 ,45	105	104 ,70

Es scheint demnach, als ändere die Gegenwart des Chlornatriums im Wasser, was die siedende Flüssigkeit betrifft, durchaus nichts an der Natur des Phänomens. Betrachten wir nun den Dampf der Lösung.

Salzgehalt d. Lösung	Temperatur des Dampfs in einem Metallgefäfs	Glasgefäfs	do. mit Eisenhammerschlag
7 Proc.	101°	101°,10	101°,12
10 -	101 ,45	101 ,54	101 ,50
25 -	104 ,20	104 ,50	104 ,40

Man sieht, es verhält sich mit der vergleichenden Temperatur der Dämpfe eben so. Wie beim destillirten Wasser ist die Temperatur des Dampfs in einem Glaskolben mit und ohne Eisenhammerschlag, beinahe gleich, selbst wenn die der Flüssigkeiten beträchtlich verschieden ist. Beim Salzwasser scheint der Unterschied zwischen der Temperatur der in einem Metallgefäfs siedenden Flüssigkeit und der ihres Dampfs um einige Hundertel eines Grades gröfser als beim destillirten Wasser.

2. *Alkohol*, von 0,810 Dichte, auf gleiche Weise behandelt, lieferte analoge Resultate. Die folgende Tafel ist aus einem Mittel von vier Versuchen abgeleitet.

Temperatur	im Metallgefäfs	Glaskolben	do. mit Eisenhammerschlag
d. Flüssigkeit	78°,50	79°,20	78°,75
d. Dampfs	78 ,35	78 ,40	78 ,33

Nachtrag.

(Gelesen in der Gesellschaft am 17. März 1842.)

Wie schon gesagt, hat Hr. Gay-Lussac zuerst beobachtet, dafs der Siedpunkt des Wassers verschieden *ist nach* der Natur des angewandten Gefäfses, nament-

lich dafs er in Metallgefäfsen beständig bei 100° liege, in Glaskolben aber zwischen 101° und 101°¼ schwanke.

Diese Beobachtung des Herrn Gay-Lussac, obwohl in den meisten Fällen für neue Kolben, wie sie aus der Glashütte hervorgehen, vollkommen gegründet, scheint mir vielen Ausnahmen unterworfen zu seyn, sobald diese Kolben schon gebraucht waren, und besonders, wenn sie gewisse Flüssigkeiten enthielten, von denen wir sogleich reden werden. Ich habe bemerkt, dafs in diesem Falle die Siedtemperatur meistens sehr unsicher wird und nach der Natur der Flüssigkeiten, welche die Kolben enthielten, variirt. Fast immer war sie höher als die von Herrn Gay-Lussac angegebene. Das Verweilen gewisser Flüssigkeit, besonders concentrirter Schwefelsäure, in diesen Kolben reichte hin, die Siedtemperatur noch mehr zu erhöhen und sie manchmal auf 106° zu bringen. Gewisse Prozesse, welche den Zustand der Innenwand des Kolben zu ändern vermögen, und in einigen Fällen die blofse Erhitzung derselben bis 3 oder 400° schienen mir eine analoge Wirkung auszuüben. Gehen wir in das Detail der Versuche.

§ 1. *Wirkung der Schwefelsäure.* — Einer der Glaskolben, die ich zu den Versuchen des ersten Theils meiner Abhandlung mehrmals gebraucht hatte, war zufällig zur Erwärmung von Schwefelsäure bis etwa 150° benutzt worden; nach gehöriger Auswaschung war er bei Seite gestellt. Als ich einige Tage darauf Gelegenheit hatte, mich desselben zur genauen Bestimmung des Siedpunkts vom Wasser zu bedienen, sah ich zu meiner Verwunderung, dafs dieser Punkt, der zuvor bei 101° gefunden worden, jetzt 104° überstieg. Die Einschüttung von etwas Eisenfeilsel brachte ihn auf etwa 100° herab. Der Dampf aus dem Wasser von 103° überstieg nicht merklich (höchstens einige Zehntel Grad) seine gewöhnliche Temperatur 100°.

Nachdem ich besagten Kolben abermals mit grofser

Sorgfalt ausgewaschen, und mich mittelst Chlorbarium versichert hatte, dafs das Waschwasser keine Spur von Schwefelsäure mehr enthielt, wiederholte ich obigen Versuch, aber immer mit gleichem Erfolg. Sonach überzeugt, dafs die Wirkung nicht von einer im Kolben zurückgebliebenen Spur von Schwefelsäure herrühren konnte, kam mir die Idee, sie möchte wohl das Resultat einer durch die Schwefelsäure bewirkten molecularen Modification der Glasoberfläche seyn, einer Modification, die von der Art wäre, dafs sie die Adhäsion der Glastheilchen zum Wasser erhöhe, mithin das Sieden dieser Flüssigkeit verzögere. Um zu sehen, wie weit diese Idee gegründet sey, unternahm ich die folgende Reihe von Versuchen.

Ich nahm einen Glaskolben von dünnem grünem Glase, der offenbar erst aus der Hütte kam und folglich niemals Flüssigkeit enthalten hatte. Die Oberfläche dieses Kolbens war schwach rauh und mit kleinen Unebenheiten besetzt, wie diefs bei neuen Kolben dieser Art gewöhnlich der Fall ist. Dieses Ansehen scheint mir theils aus der Beschaffenheit des Glases zu entspringen, theils aus einer Art Firnifs oder unfühlbaren Staubes, der sich meistens zwischen den Theilchen von neuem Glase aufhält, die noch nicht der Reibung fremder Körper ausgesetzt waren, und welcher wenigstens so fest an diesen Theilchen haftet, dafs die Wirkung des siedenden Wassers ihn nicht absondert. Nachdem ich den besagten Kolben mehrmals mit heifsem Wasser ausgewaschen hatte, schüttete ich destillirtes Wasser hinein und brachte es zum Sieden. Die Temperatur desselben fand sich 101°.

Ich leerte nun den Kolben, füllte ihn sogleich mit concentrirter Schwefelsäure und liefs diese, ohne sie zu erwärmen, einige Stunden darin stehen. Abermals geleert und mit siedendem Wasser gewaschen, bis ich mich der Abwesenheit auch der kleinsten Spur von Schwefelsäure versichert hatte, gofs ich destillirtes Wasser in den Kol-

ben und erhitzte dieses durch eine Weingeistlampe mit doppeltem Luftzug bis zu der Siedtemperatur. In der Art seines Siedens bemerkte ich zunächst folgende Eigenthümlichkeit:

1) Wenn Wasser in einem gewöhnlichen Glaskolben sich zu erhitzen beginnt, so sieht man im Allgemeinen vom Boden des Kolbens eine grofse Menge kleiner Luftblasen aufsteigen, von denen man annimmt, sie hätten an der Glasoberfläche gehaftet und entwichen in Folge ihrer Ausdehnung. Diefs hatte ich denn auch in dem besagten Kolben bemerkt, als ich, vor der Einschüttung von Schwefelsäure, Wasser darin erhitzte. Im gegenwärtigen Versuch und allemal, wenn Schwefelsäure in dem Ballon verweilt hatte, zeigte sich diese Entwicklung von Luftblasen auffallend verringert; meistens war sie fast unwahrnehmbar.

2) Das Phänomen des *Singens* entsteht bekanntlich daraus, dafs sich in der Nähe der Wärmequelle kleine Dampfblasen bilden, die, wenn sie auf Wasserschichten von noch nicht 100° treffen, mit Geräusch zerspringen (éclatent). Diefs Phänomen, das in den gewöhnlichen Fällen bei etwa 85° beginnt, und bis zum Moment des Siedens anhält, war bei dem Kolben, der Schwefelsäure enthalten hatte, kaum zu bemerken, oder höchstens von 95° an.

3) Wenn man Wasser in einem gewöhnlichen Glaskolben zum Sieden bringt, so bleibt das Thermometer, auf etwa 101° angelangt, stillstehen oder schwankt wenigstens nur um einige Zehntelgrad, wie sehr man auch das Feuer verstärke. Sobald das Sieden angefangen hat, sieht man, von allen Punkten der Innenwand des Kolbens kleinere und gröfsere Dampfblasen aufsteigen, mehr oder weniger rasch, je nach der Stärke der Wärmequelle. Erhöht man diese Stärke, so wird bekanntlich das Sieden lebhafter, aber das Thermometer bleibt nichtsdestoweniger auf dem Punkt, auf welchem es zu Anfang des

Siedens stehen blieb. Vermindert man dagegen die Stärke der Wärmequelle, so werden die Blasen weniger grofs und erscheinen weniger rasch; allein so lange sie fortfahren zugleich von allen Punkten der Innenwand des Kolben aufzusteigen, rührt sich das Thermometer nicht, und erst wenn die Bildung der Blasen aufgehört beginnt es zu fallen.

Sehen wir nun, wie die Erscheinung sich macht in einem Kolben, der Schwefelsäure enthielt. Zunächst, wie ich schon bemerkt habe, steigen, wenn das Wasser sich zu erhitzen anfängt, wenig oder keine Luftblasen vom Boden des Kolbens auf. Das Singen, welches in diesem Fall erst zwischen 95° und 100° anfängt, macht bald dem eigentlichen Sieden Platz, welches meistens wie gewöhnlich zwischen 100° und 101° beginnt. Allein dieses Sieden, welches im ersten Augenblick ganz natürlich zu seyn scheint, verlangsamt sich alsbald sichtlich; bald hören die Blasen auf zugleich von der ganzen Oberfläche des Kolbens sich zu erheben; nur eine kleine Anzahl steigt noch von gewissen Stellen des Kolbens auf, immer schwierig und unter Aufstofsen. Sogleich steigt das Thermometer rasch auf 103° und 104°. Vergröfsert man die Flamme der Weingeistlampe, so erzwingt man gleichsam die Dampfbildung. Die Zahl der Blasen nimmt zu, aber sie bilden sich schwierig und stofsweise. Bei jedem Aufstofsen des Dampfs sinkt das Thermometer plötzlich um einige Zehntelgrade, um sogleich, so wie der Dampf entwichen ist, wieder zu steigen. Verringert man in diesem Augenblick plötzlich und bedeutend die Intensität der Flamme, so hört das Sieden fast vollständig auf, allein das Thermometer sinkt nicht, sondern steigt rasch auf 105° und häufig gar auf 106°. Auf dieser hohen Temperatur bleibt das Wasser oft mehre Secunden, ohne dafs eine einzige Dampfblase entweicht, und ohne dafs sich eins der gewöhnlichen Zeichen des Siedens kund giebt. Verstärkt man abermals die Flamme, so bilden

sich nach kurzer Zeit mit Anstrengung einige grofse Dampfblasen und sogleich sinkt das Thermometer wieder 1° bis 2°, um aufs Neue zu steigen, wenn man die Stärke der Wärmequelle verringert.

Schüttet man, wenn das Thermometer über 105° steht und das Sieden fast gänzlich aufgehoben zu seyn scheint, die kleinste Dosis Eisenfeilicht in den Kolben, so beginnt das Sieden sogleich mit grofser Lebhaftigkeit; jedes Metallkorn wird der Ausgangspunkt unzähliger Dampfblasen und das Thermometer sinkt sogleich auf 100°. Dasselbe geschieht, obwohl in schwächerem Grade, wenn man ein wenig Glaspulver in den Kolben schüttet. Bringt man statt des Feilicht ein Metallstück in das Wasser, schwebend, dafs es den Boden des Gefäfses nicht berührt, so ist die Wirkung weit weniger merklich und das Thermometer sinkt selten unter 103° [1])

Denkt man über das Vorstehende nach, so mufs eine gewisse Art Analogie auffallen zwischen dem eben beschriebenen Phänomen, nach welchem destillirtes Wasser in einem offnen Gefäfs, ohne zu sieden, momentan über 105° haben kann, und demjenigen, wo dasselbe, in gewissen Fällen, sich 5 bis 6 Grad unter Null erkalten läfst, ohne zu gefrieren. Beide entspringen wahrscheinlich aus einem eigenthümlichen Molecularzustand, im ersten Fall, des Glases, im letzten des Wassers, obwohl es nicht erwiesen ist, dafs bei der Verzögerung des Gefrierens die Natur des Glases ohne Einflufs sey. Was beide Erscheinungen noch gemein haben und sie auf einander zu beziehen scheint, ist: dafs so wie es viele Uebung und grofse Vorsicht in der Manipulation erfordert, das Wasser bei — 5° oder — 6° flüssig zu erhalten, man auch nicht auf dem ersten Wurf dahin gelangt, das Wasser 5 bis 6° über seinem Siedpunkt flüssig und unver-

1) In keinem Fall, selbst nicht wenn die Flüssigkeit über 105° zeigt, übersteigt die Temperatur des Dampfes, einen halben Zoll über der Wasserfläche genommen, nicht 100° und einige Zehntel.

gaset zu bekommen. Lange Zeit glaubte ich, 104° oder 104°,5 sey das möglichst erreichbare Maximum der Temperatur, und erst nach einer grofsen Zahl von Versuchen, bei welchen ich die Flamme der Weingeistlampe abwechselnd vergröfserte und verkleinerte, um die Dampfbildung bald zu verstärken, bald zu schwächen, gelang es mir in gewissen Fällen eine Temperatur von 106° zu erreichen [1]).

Es war natürlich zu untersuchen, ob das obige Phänomen blofs dem Wasser eigen sey oder auch andern Flüssigkeiten zukomme. Ich wählte zu dem Ende Alkohol von 0,810 Dichte, welcher in einem Kolben von neuem Glase bei 79°5, ins Sieden kam. Nachdem dieser Kolben wie der frühere mit Schwefelsäure behandelt worden war, zeigte das Thermometer in dem siedenden Alkohol 82°,5. Der Dampf behielt seine frühere Temperatur 79°. Schüttete man in den siedenden Alkohol etwas Eisenfeilicht, so sank die Temperatur sogleich auf 79°. Aus diesem Versuche sieht man, dafs durch den Aufenthalt der Schwefelsäure in dem Ballon der Siedpunkt des Alkohols erhöht wird, wie der des Wassers.

§ 2. *Einflufs der Beschaffenheit des Glases.* — Die Verzögerung des Wassersiedens in einem Glasgefäfs in Folge der Einwirkung der Schwefelsäure ist auffallender, wenn man sich sehr dünner Kolben von grünem Glase bedient als in jedem anderen Fall. In der That geschieht es in diesen Kolben, deren Oberfläche fast beständig weniger glänzend und mehr mit kleinen Uneben-

1) Seitdem ich der Gesellschaft diese Note übergab, wiederholte ich mit Hrn. Dr. Colladon diesen Versuch, wobei ich den Kolben mit destillirtem Wasser in einem Oelbade langsam bis zu einer dem Siedpunkt nahen Temperatur erhitzte. Man erhält in diesem Fall dieselben Resultate wie über der Weingeistlampe, und sie sind vielleicht noch auffallender dadurch, dafs der Gang des Thermometers regelmäfsiger ist. Es steigt nämlich meistens allmälig und ohne Stöfse bis 105°, ohne dafs es nöthig wäre, die Vorsichtsmaafsregeln zu nehmen, die ich bei Anwendung einer Weingeistlampe angab.

heiten besetzt erscheint als bei Kolben von weifsem Glase, dafs das destillirte Wasser zuweilen bei der Temperatur 100°,1 siedet, d. h. 0°,1 höher als in einem Metallgefäfs; und dennoch, wenn sie mit Schwefelsäure behandelt waren, sah ich die Temperatur bis 106° steigen, so dafs man also in einem und demselben Ballon, je nachdem er neu ist oder Schwefelsäure einschlofs [1]), einen Unterschied von fast 6° in der Siedtemperatur des Wassers hat [2]).

Kolben von weifsem Glase, vor allem von dickem, scheinen, selbst wenn sie neu sind, die Eigenschaften schon einigermaafsen zu besitzen, welche Kolben von dünnem grünen Glase durch Behandlung mit Schwefelsäure erlangen. In Kolben von weifsem Glase, wie dünn sie auch waren, habe ich nämlich nie das Sieden unter 101° stattfinden gesehen, und wie wenig dicker sie auch sind, so geschieht dasselbe nur oberhalb dieser Temperatur. In einem Kolben von weifsem Pariser Glase, von fast einem Millimeter Dicke, stieg das Thermometer bis 103° und selbst bei dieser Temperatur geschah die Dampfbildung nur langsam und stofsweise. Die Einschüttung einer kleinen Menge Eisenfeilicht in den Ballon veränderte sogleich die Natur des Siedens indem sie zu einer überreichen Entwicklung von Dampfblasen Anlafs gab und die Temperatur der Flüssigkeit auf etwa 100° herabbrachte. Das geschah übrigens beständig, was für einen Kolben man anwendete und welche Temperatur auch das Thermometer erreicht hatte.

1) Der Versuch gelingt oft besser, wenn man sich, statt eigentlicher Ballone, Kolben von grünem dünnem Glase bedient. Man verstärkt auch zuweilen die Wirkung, wenn man die Schwefelsäure in dem Ballon erhitzt; indefs schien mir diese Vorsicht meistens überflüssig, sobald nur die Säure sehr concentrirt war.

2) Ich bemerke hier ein für alle Mal, und diese Bemerkung gilt für alle vorhergehenden Versuche ebenfalls, dafs ich *Siedtemperatur* den höchsten Punkt nenne, den das in der Flüssigkeit befindliche Thermometer während des Siedens erreicht.

Der erwähnte Kolben von weifsem Glase wurde wie die früheren mit Schwefelsäure behandelt und nach gehöriger Auswaschung aufs Neue mit Wasser gefüllt, das man zur Siedtemperatur brachte. Diefsmal, wie früher bei den Kolben aus dünnem grünem Glase, stieg das Thermometer zuletzt über 105°; das Sieden geschah schwierig, unter Aufstofsen, und bot überdiefs genau dieselben Erscheinungen dar wie vorhin.

§ 3. *Wirkung des Kali.* — In einen Kolben von grünem Glase, der zuvor mit Schwefelsäure behandelt worden und bei welchem das Sieden erst bei 105° geschah, brachte ich eine concentrirte Lösung von ätzendem Kali und liefs sie einige Stunden darin stehen. Nachdem der Kolben wieder geleert und gehörig ausgewaschen worden, zeigte mir ein anderer Versuch, dafs sich der Siedpunkt nicht geändert hatte, noch auf etwa 105° lag.

Ich nahm nun einen anderen Kolben, von dünnem Glase, wie der vorige, aber noch nie gebraucht. Das Wasser siedete darin bei 101°. Ich liefs eine sehr heifse und concentrirte Kalilösung einige Zeit darin stehen, dann gofs ich sie aus, wusch den Ballon gehörig, und schüttete abermals destillirtes Wasser hinein. Es siedete bei ungefähr 103°. Das Sieden bot übrigens dieselben Erscheinungen, nur in etwas geringerem Grade dar, wie in den mit Schwefelsäure behandelten Kolben.

Die angeführten Versuche waren im Allgemeinen der Art, dafs sie in mir die Idee bestätigten, die Unterschiede in der Siedtemperatur entspringen aus einer durch die Schwefelsäure bewirkten leichten Abänderung des physischen Gefüges des Glases oder vielleicht Zerstörung des auf dem Glase sitzenden Staubes. In der That, wenn man annimmt, dafs die Molecular-Adhäsion des Wassers zu dem Glase desto stärker seyn mufs als diese Substanz reiner ist, so folgt natürlich, dafs die von Glaskolben veranlafste Verzögerung im Sieden des Wassers desto

hervortretender seyn mufs als der Kolben, dessen man sich bedient, von reinerem Glase und vollständiger von jeder fremden Substanz befreit ist. Sonach müfste die blofse Gegenwart eines stark am Glase haftenden Staubes oder jene Art kaum sichtbaren Firnisses, den man oft auf noch ungebrauchten Kolben von dünnem grünem Glase bemerkt, schon bis zu einem gewissen Punkt die Adhäsion des Wassers zum Glase schwächen, folglich das Sieden beschleunigen; und wirklich haben wir diefs immer beobachtet, wenn wir uns eines neuen Kolben bedienten, der, wie sauber er auch erschien, doch immer mehr oder weniger anhaftenden Staub darbot. Zuweilen haben wir sogar bemerkt, dafs dieser Firnifs oder Staub nicht blofs an der Oberfläche haftet, sondern gleichsam in der Masse, zwischen den Glastheilchen sich befindet. In diesem Fall kann es geschehen, dafs die Adhäsion des Glases zum Wasser dermaafsen verringert ist, dafs die durch die Adhäsion bewirkte Verzögerung des Siedens fast Null wird. So haben wir zwei Mal gesehen, dafs das Sieden in einem Glasgefäfs bis auf 0°,1 bei derselben Temperatur wie in einem Metallgefäfs geschah. Wenn man unter diesen Umständen den Kolben stark mit Wasser und Papier ausspült, so giebt man ihm einen Theil seiner adhäsiven Eigenschaften wieder. Das nasse Papier besitzt nämlich in eigenthümlicher Weise, wie es alle Chemiker wissen, die Eigenschaft, dem Glase jene Art unfühlbaren Staubes zu nehmen, auf welchen Wasser, selbst siedendes, ohne allen Einflufs ist. Auch ist es mir durch diese einfache Operation immer geglückt, den Zustand der Oberfläche neuer Glaskolben so zu verändern, dafs der Siedpunkt des Wassers um zwei, zuweilen drei Grad erhöht, nämlich von 100° auf 103° und in einigen seltenen Fällen selbst auf 104° gebracht ward. Nun begreift man, dafs nasses Papier in reinigender Beziehung mit Vortheil durch Schwefelsäure ersetzt werden kann, und dafs gewisse Theilchen fremder Stoffe, die un-

geachtet der Wirkung des nassen Papiers am Glase haften blieben, sich durch die concentrirte Schwefelsäure lösen und fortnehmen lassen. Daher: neue Reinigung des Glases, Erhöhung seiner Adhäsion zum Wasser, und folglich neue Hemmung im Sieden dieser Flüssigkeit, das, in diesem Fall, bis 105° oder 106° verzögert werden kann. So weit man aus dem Resultat eines einzigen mit Sorgfalt angestellten Versuches urtheilen kann, habe ich auch geglaubt wahrzunehmen, daſs die bloſse Erhitzung eines neuen Glaskolbens bis nahe zur Rothgluth dieselbe Wirkung hat wie die Schwefelsäure; wenigstens ist es mir durch diesen Prozeſs geglückt, das Sieden bis 105°,5 zu erhöhen. Vielleicht ist diese sehr hohe Temperatur hinreichend, die etwa am Glase haftenden fremden Stoffe zu verflüchtigen oder zu zerstören, vielleicht auch den Molecularzustand des Glases selbst bis zu einem gewissen Punkt abzuändern. Neue Untersuchungen werden hoffentlich diese Frage aufklären.

Die Folgerungen, die ich aus dieser sehr unvollständigen Arbeit glaube ziehen zu können, sind folgende:

1) Die Siedtemperatur des Wassers in Glaskolben schwankt zwischen 100°,3 und 102°, je nach Umständen, und besonders nach der Beschaffenheit des angewandten Glases. In allen Fällen bleibt die Temperatur des aus diesem Wasser aufsteigenden Dampfs beinahe gleich und beständig einige Hundertelgrade unter der Temperatur des in einem Metallgefäſs siedenden Wassers.

2) Von welcher Natur auch das angewandte Gefäſs sey, so ist die Temperatur des Dampfs beständig niedriger als die der siedenden Flüssigkeit, welche ihn hergiebt. Wendet man Glasgefäſse an, so beträgt dieser Unterschied durchschnittlich 1°,06, bedient man sich Metallgefäſse, so schwankt er von 0°,15 bis 0°,20. Es giebt hievon nur eine Ausnahme, die, wo das Gefäſs, sey es von Glas oder Metall, mit einer dünnen Schicht von Schwefel, Schellack oder irgend einer anderen, keine merk-

merkliche Adhäsion zum Wasser habenden Substanz überzogen ist. Nur in diesem Fall ist die Temperatur des Dampfs identisch dieselbe, wie die seiner Flüssigkeit.

3) Gegen die allgemein angenommene Meinung glaube ich bewiesen zu haben, dafs, unter einem gegebenen atmosphärischen Druck, die Temperatur des siedenden Wassers in einem Metallgefäfs nicht die niedrigste ist. Wir haben nämlich gesehen, dafs in einem Glaskolben, überzogen mit einer dünnen Schicht von Schwefel, Schellack oder irgend einer ähnlichen Substanz, diese Temperatur um einige Zehntelgrade niedriger ist als in einem Metallgefäfs.

4) In Gefäfsen aus vollkommen reinem oder von jeder fremdartigen Substanz gesäuberten Glase können Wasser und Alkohol auf eine merklich höhere Temperatur gebracht werden, als man bisher geglaubt, ohne dafs das Thermometer jenen stationären Punkt erreicht, der das Sieden charakterisirt. Insbesondere kann man in diesem Fall *nicht-siedendes* Wasser über 105° erhalten. Wenn dem in den meisten Fällen nicht so ist, so rührt diefs davon her, dafs ein neues und scheinbar vollkommen glänzendes Glas fast beständig fremdartige Theile stark anhaftend enthält, die sich durch verschiedene, theils mechanische, theils chemische Processe, namentlich durch Wirkung concentrirter Schwefelsäure, fortschaffen lassen.

IV. *Beitrag zur Theorie der magnetischen Maschinen; von M. Lenz.*

(Aus dem *Bullet.* der St. Petersburger Academie, *T. IX p.* 78.)

Bereits seit mehreren Jahren sind die magnetischen Maschinen Pixii's, Saxton's, Clarke's, Baumgartner's und Anderer bekannt und in häufigem Gebrauch; man

bringt durch sie bekanntlich alle diejenigen Wirkungen hervor, die man sonst nur an der galvanischen Kette kannte, und dieses durch bloſse magnetische Induction einer Spirale durch einen Hufeisenmagnet. Ich habe indessen bisher nicht gefunden, daſs ihre Theorie irgendwo vollständig auseinandergesetzt worden wäre, so daſs die Mechaniker den vortheilhaftesten Durchmesser der anzuwendenden Drähte auch jetzt noch durch bloſses Probiren oder nach früheren gut wirkenden Modellen bestimmen. Es ist meine Absicht, in nachfolgender Note diese Lücke in unseren physikalischen Lehrbüchern auszufüllen, wie ich solches mündlich bereits seit einigen Jahren in meinen Vorlesungen zu thun gewohnt bin. Ich gehe dabei, um die Begriffe zu fixiren, von der Maschine Clarke's aus, weil ich diese aus eigenem häufigen Gebrauch kenne, und sie daher zur experimentellen Bestätigung der in dem Folgenden entwickelten Principien und Formeln benutzen kann; übrigens steht der Anwendung dieser Formeln auf jede andere Maschine der Art nicht das geringste Hinderniſs entgegen.

In der Clarke'schen Maschine steht der Hufeisenmagnet aufrecht, mit seinen beiden Schenkeln nach unten gerichtet; der Anker ist ein Eisenparallelepipedon, an dessen Enden zwei Eisencylinder senkrecht aufgeschraubt worden sind; diese Eisencylinder sind mit *elektromotorischen* Spiralen umwunden. Der Anker dreht sich um eine horizontale Axe seitwärts vor den Enden der Schenkel des Hufeisenmagnets, an denen die beiden Eisencylinder, die so weit auseinanderstehen als Schenkel des Hufeisenmagnets beim Drehen dicht vorübergehen. Fig. 8 Taf. I zeigt das Eisenparallelepipedon CH, wie es sich vor den Polen des Hufeisenmagneten N und S befindet, EK und LD sind die Durchmesser der Eisencylinder, DG und EF stellen die Räume dar, in welchen sich die Schichten von Drahtwindungen befinden, welche die Eisencylinder umgeben.

In der in der Figur angegebenen Stellung des Ankers wird er durch Einwirkung des Magneten am stärksten magnetisirt; wird er dann um 90° gedreht, so ist der Magnetismus des Ankers 0. Ueber 90° hinaus wird der entgegengesetzte Magnetismus im Anker, gegen den früheren, hervorgerufen; bei 180° Drehung erreicht dieses seine gröfste Stärke, wird bei 270° wieder 0 und geht dann wieder in den früheren über. Es ist leicht zu sehen, dafs dadurch in den umgebenden Spiralen, während einer ganzen Umdrehung des Ankers von 0° bis 180°, ein inducirter Strom in der einen Richtung, von 180° bis 360° aber in entgegengesetzter Richtung hervorgerufen wird; denn bei der Drehung von 0° bis 90° *verliert* der Anker *einen gewissen* Magnetismus, von 90° bis 180° dagegen *gewinnt* derselbe den *entgegengesetzten*, in beiden Fällen hat aber der inducirte Strom nach den bekannten Regeln der Induction dieselbe Richtung. Von 180° bis 360° Drehung aber gilt dasselbe Raisonnement, nur ist der Strom für diese Drehung der entgegengesetzte vom früheren.

Die *Stärke* des Stroms für die verschiedenen Lagen des Ankers beim Drehen desselben wird keineswegs constant seyn, sondern offenbar davon abhängen, an welcher Stelle, nicht der *Magnetismus*, sondern die *Veränderungen* des Magnetismus im Anker am gröfsten sind. Ich habe die Gröfse der Aenderungen dadurch ermittelt, dafs ich den Anker an verschiedenen Stellen um dieselbe Anzahl Grade drehte und den inducirten Strom an einem Nobili'schen Multiplicator mafs; bei diesen Versuchen fand ich die Aederungen des Magnetismus bei weitem am stärksten bei den verticalen Stellungen des Ankers, wo sein Magnetismus 0 wird. Dasselbe hat Clarke bei der Construction seiner Maschine durch Abprobiren gefunden, und sehr gut zu benutzen gewufst bei Construction seines Stromunterbrechers (*break*), welcher zuvörderst dazu dient, den magneto-elektrischen

Funken zu zeigen; zur Hervorbringung desselben mufs natürlich die Drahtkette im Augenblick des durch sie hindurchgehenden Stroms geöffnet werden. Bei welcher Stellung des Ankers mufs aber die Unterbrechung stattfinden, damit der Funken am brillantesten sich zeige? Offenbar da, wo der Strom am stärksten ist, d. h. bei verticaler Stellung des Ankers, und in der That ist der Stromunterbrecher Clarke's so eingestellt, dafs die Unterbrechung in diesem Momente stattfindet.

Allein der Stromunterbrecher ist nicht nur beim Funkenerzeugen wesentlich, sondern auch bei allen übrigen Phänomenen des magneto-elektrischen Stroms, z. B. beim Drahtglühen, Wasserzersetzen, beim Erschüttern der Nerven etc. Alle diese Erscheinungen erfolgen am stärksten, nicht wenn man den Strom ohne Unterbrechung durch den eingeschalteten Apparat hindurchgehen läfst, sondern wenn der Stromunterbrecher wie beim Funkenziehen angebracht wird, und man den andern Apparat, auf den gewirkt werden soll, mit dem „*break*“ zugleich als Nebenschliefsung einschaltet, wie solches schon Clarke überall anräth. Diese sehr merklich stärkere Einwirkung bei Anwendung der Anker ist eine Folge des *secundären* Stroms, der durch den primär inducirten Strom im Augenblick seines Aufhörens inducirt wird, und dann durch die Nebenschliefsung des „*break*“, in welcher der zu untersuchende Apparat eingeschaltet ist, seinen Weg findet, und zwar in der Richtung des primären Stroms im Augenblick seines Verschwindens. Wenn dann durch rasches Drehen des Ankers diese verstärkten Wirkungen sich schnell hinter einander wiederholen, so erreicht die Einwirkung dieser Ströme eine solche Kraft, wie sie ohne den Stromunterbrecher und ohne Benutzung des secundären Stroms, niemals erreicht werden konnte [1]).

1) Es ist beim Gebrauch der Clarke'schen Maschine daher wohl darauf zu sehen, dafs beim Stromunterbrecher der federnde Draht, wenn er von dem vorragenden Theil des „*break*“ abspringt, nicht mit dem

Die wichtigste Aufgabe für die Construction der magnetischen Maschinen ist nun diese: Man will vermittelst der Maschine durch einen gewissen Leiter einen inducirten Strom hindurchleiten; von welcher Art hat man den Draht für die elektromotorischen Spiralen anzuwenden, um die stärkste Wirkung zu erlangen? Zuvörderst ist es klar, dafs man den Draht aus möglichst gutleitendem Metall wählen mufs, und hier bietet sich das Kupfer als das beste an; es vereinigt eine grofse Leitungsfähigkeit mit einem nicht bedeutenden Preise, während die weit kostbareren Metalle, Gold und Silber, nur wenig besser leiten. Es werden daher zu solchen Maschinen immer Kupferdrähte angewendet, und ich werde bei den folgenden Untersuchungen immer nur Kupferdrähte im Auge behalten. Es bleibt uns nur noch übrig zu bestimmen, welchen Durchmesser man den Kupferdrähten zu geben hat, um den gröfsten Effect zu erreichen. Hier sind die Bedingungen aber verschieden, je nach der Verbindung der Drähte der Spiralen auf beiden inducirenden Eisencylindern. In der Clarke'schen Maschine sind die Enden A der einen und A' der andern Spirale unter einander verbunden, und eben so die Enden B und B', so dafs der Strom in jeder Spirale entweder von A nach B oder von B nach A läuft. Der Leiter, auf den man wirkt, wird mit einem Ende mit der Verbindungsstelle AA' und mit dem andern mit der Verbindungsstelle BB' verbunden. Der Strom ist also in den elektromotorischen Spiralen in zwei Hälften getheilt, die er *neben einander* durchläuft, in dem *Leiter* aber sind beide Hälften vereint. — In andern Maschinen kann die Verbindung aber eine andere seyn, so dafs der Strom beide Spiralen hinter einander durchlaufen mufs; es werden also hier B mit A' verbunden seyn, und A mit B' durch

vertieften Theile in Berührung komme; sonst geht der gröfste Theil des secundären Stroms durch den „*break*" und nicht durch den Apparat, durch welchen wir ihn durchleiten wollen.

den Leiter. Wir wollen unsere Aufgabe für beide Fälle lösen.

1) Für die Verbindung der elektromotorischen Spiralen neben einander.

Nehmen wir die Länge jedes der von den Spiralen umwundenen Cylinder $=a$ an, seinen Durchmesser $=b$, die Dicke, die man sämmtlichen Drahtschichten geben kann, und die von dem Abstande der Cylinder von einander, so wie von der sonstigen Construction abhängt (in unserer Figur $EF=DG$) $=c$, den zu bestimmenden Durchmesser des Drahtes $=x$, den Durchmesser des umsponnenen Drahts $=x+\delta$ an, und setzen wir voraus, dafs jeder Cylinder auf ganz gleiche Weise umwunden ist, so ist es zuvörderst leicht, die Länge des ganzen umwundenen Drahts für jeden Cylinder zu berechnen. Es ist nämlich

die Länge ein. Windg. d. 1. Schicht $=(b+[x+\delta])\pi$

- - - - - 2. - $=(b+3[x+\delta])\pi$

- - - - - n. - $=(b+[2n-1][x+\delta])\pi$

folgl. sämmtl. Windg. d. 1. Schicht $=(b+[x+\delta])\pi\frac{a}{x+\delta}$

- - - - 2. - $=(b+3[x+\delta])\pi\frac{a}{x+\delta}$

- - - - n. - $=(b+[2n-1][x+\delta])\pi\frac{a}{x+\delta}$

Also die Länge des Drahts sämmtlicher Windungen . . . . . . $=(nb+n^2[x+\delta])\pi\frac{a}{x+\delta}$.

Allein n ist durch die Dicke des Raums, auf den die Windungen gebracht werden können, und durch den Durchmesser des Drahts bestimmt; wir haben nämlich $n=\frac{c}{x+\delta}$, folglich ergiebt sich die Länge des ganzen Drahts

$$\frac{ac}{(x+\delta)^2}(b+c)\pi.$$

Nehmen wir nun als Einheit der Leitungswiderstände den Widerstand eines Drahts oder Cylinders von Kupfer von der Länge der Einheit des angewandten Maafses (bei uns 1 Linie englisch) und von demselben Durchmesser an, so ist der Leitungswiderstand L des Drahts auf jedem Cylinder, da er dem Quadrat des Durchmessers des Drahts verkehrt proportional ist:

$$L=\frac{ac(b+c)\pi}{x^2(x+\delta)^2}.$$

Zur Bestimmung der elektromotorischen Kraft, die in den Spiralen erregt wird, nehme ich die Gesetze, die ich in meiner Abhandlung über diesen Gegenstand zuerst entwickelt habe, zu Hülfe. Ich habe dort erwiesen:

1) Dafs die elektromotorische Kraft für alle Drähte dieselbe sey.
2) Dafs sie proportional sey der Anzahl von Windungen.
3) Dafs sie dieselbe ist für jeden Durchmesser der Windungen.
4) Dafs sie dieselbe ist für jeden Durchmesser des Drahtes.

Zwar habe ich später gezeigt, dafs diese Gesetze geringe Modificationen erleiden für die den Enden der Cylinder nahen Windungen (*Bullet. scient. V, p.* 18); allein diese sind an sich unbedeutend, und namentlich bei der Induction, wie sie bei der Clarke'schen Maschine stattfindet, ganz zu vernachlässigen, was aus dem in der angeführten Abhandlung Gesagten zur Genüge erhellen wird. Bezeichnen wir daher die elektromotorische Kraft der Spirale auf einem Cylinder mit A, so haben wir nach obigen Gesetzen, wenn die elektromotorische Kraft, die der Magnetismus in *einer* Windung erzeugt, p heifst:

$$A=p\cdot\frac{c}{x+\delta}\cdot\frac{a}{x+\delta}=p\cdot\frac{ca}{(x+\delta)^2},$$

p hängt ab von der Kraft des Magneten, von der Ge-

stalt, der Anordnung und der Weichheit des Eisens der inducirenden Eisencylinder, bleibt aber für ein und dieselbe Maschine constant, welche Gröfse auch x erhalte.

Um nun die Stärke des Stroms F in dem Leiter, auf welchen man einwirkt, aus A und L nach den Ohmschen Gesetzen zu finden, so ist es zuvörderst klar, dafs er aus zwei gleichen Theilen bestehen mufs, wovon der eine durch den einen, der andere durch den andern Cylinder erregt wird, und wovon jeder also $=\frac{1}{2}F$ ist. Um aber $\frac{1}{2}F$ bestimmen zu können, nehmen wir zwei Gesetze zu Hülfe, die von Ohm und Fechner für hydro- und thermo-, und von mir selbst für magneto-elektrische Ströme bewiesen worden sind (*Bullet. scient. VI, p.* 98). Sie sind die folgenden:

1) Wenn ein galvanischer Strom sich zwischen zwei Leitern neben einander theilt, so geschieht es in umgekehrtem Verhältnifs des Leitungswiderstandes.
2) Der Leitungswiderstand eines aus zwei neben einander laufenden Leitern bestehenden Drahts oder einer *Parallelschliefsung* ist, wenn der Widerstand des einen dieser Parallelschliefsung $=l$, des andern $=l$, ist, $=\frac{ll'}{l+l'}$.

Bedeutet nun in Fig. 9 Taf. I ACB die eine elektromotorische Spirale, $AC'B$ die andere und ADB der Leiter auf den sie wirken, so ist für den in ACB inducirten Strom $AC'B$ und ADB eine Parallelschliefsung; wenn in unserer oben angenommenen Einheit ausgedrückt λ der Widerstand des Leiters ADB ist, und L der oben berechnete Widerstand jedes Cylinderdrahts ACB oder $AC'B$, so ist der Leitungswiderstand der Parallelschliefsung nach 2):

$$\frac{L\lambda}{L+\lambda}.$$

Der Strom wird also seyn:

$$\frac{A}{\frac{L\lambda}{L+\lambda}+L}=\frac{A(L+\lambda)}{L(2\lambda+L)},$$

von diesem Strom geht aber durch den Leiter λ nach dem Gesetz (1) ein Theil, der ausgedrückt wird durch

$$\frac{A(L+\lambda)}{L(2\lambda+L)}\cdot\frac{L}{L+\lambda}=\frac{A}{2\lambda+L}.$$

Es ist folglich, wenn man für A und L die früher gefundenen Werthe setzt, der durch einen Cylinder in dem Leiter λ erregte Strom:

$$\tfrac{1}{2}F=\frac{pcax^2}{ac(b+c)\pi+2\lambda x^2(x+\delta)^2},$$

also der ganze Strom:

$$F=\frac{2pcax^2}{ac\pi(b+c)+2\lambda x^2(x+\delta)^2}\quad\ldots\ldots\text{(I)}$$

um nun denjenigen Durchmesser zu finden, der den stärksten Strom giebt, bestimme ich x aus der Gleichung:

$$\frac{dF}{dx}=0$$

und finde daraus folgende Bedingung für x:

$$x^3(x+\delta)=\frac{(b+c)ca\pi}{2\lambda}\quad\ldots\ldots\text{(II)}$$

Aus dieser Formel ergiebt sich zuerst, daſs der Durchmesser des Drahtes für die vortheilhafteste Wirkung eigentlich für jeden Leiter λ ein anderer seyn muſs, und zwar muſs der Draht um so dünner genommen werden, je schlechter der Körper leitet, durch den der Strom hindurchgehen soll. Dieses Resultat hat sich den Erfindern dieser Art Maschinen auch sogleich durch bloſses Probiren ergeben, und sie versehen ihre Apparate daher mit mehreren elektromotorischen Spiralen. So hat die Clarke'sche Maschine deren zwei, eine aus sehr dünnem und eine aus dickem Draht angefertigt, um wenigstens den Forderungen für die äuſsersten Fälle zu genügen.

Wir wollen uns nun zur Fixirung der Begriffe drei Versuche denken, nämlich das *Glühen von Platindraht*,

die *Wasserzersetzung* und die Hervorbringung von *Erschütterungen im Nervensystem*, und für diese Fälle, mit Zugrundlegung der Masse meines Clarke'schen Apparats, die vortheilhafteste Construction der Maschine berechnen. Der erste Versuch bezieht sich auf einen *geringen*, der zweite auf einen *mittleren* und der dritte auf einen *großen Leitungswiderstand*. Ich habe nämlich für diese drei Fälle für λ, λ', λ'' folgende Werthe aus besonders dazu angestellten magneto-elektrischen Versuchen gefunden, wo die Einheit, auf die sich die nachfolgenden Zahlen beziehen, unsere oben angenommene ist, nämlich ein Kupfercylinder von 1''' Durchmesser und 1''' Länge.

1) λ oder der Widerstand des Platindrahts mit den ihn haltenden Drähten, im *glühenden Zustande des Platins*, $=37680$;
2) λ' oder der Widerstand des Wasserzersetzungsapparats, der zu dem Clarke'schen Apparate gehört, mit verdünnter Schwefelsäure (4 Proc. dem Volum nach) $=2445600$:
3) λ'' oder der Widerstand des menschlichen Körpers, wenn die beiden messingenen Handhaben des Clarke'schen Apparats mit benäfsten Händen und mit der ganzen Fläche der Hand gefafst werden $=217326000$.

Ferner ergaben sich folgende Gröfsen an meinem Apparate:

$a=17\frac{1}{2}'''$ engl. Linien,
$b=13'''$ - -
$c=\begin{cases} 5 \text{ für die Spiralen aus dickem Draht,} \\ 4\frac{1}{2} \text{ - - - - dünnem -} \end{cases}$
$\delta=\begin{cases} 0''{,}1 \text{ für den dicken Draht,} \\ 0{,}05 \text{ - - dünnen -} \end{cases}$

Nehme ich für λ und λ' die Werthe $c=3$ und $\delta=0{,}1$, für λ'' aber $c=4\frac{1}{2}$ und $\delta=0{,}05$, so bekomme ich aus der Formel (II) folgende Bedingungsgleichungen für die vortheilhaftesten Durchmesser:

für λ $x^4 + 0{,}1 \; . x^3 = 0{,}1312$
für λ' $x^4 + 0{,}1 \; . x^3 = 0{,}0010111$
für λ'' $x^4 + 0{,}05 . x^3 = 0{,}000005404$;

woraus sich ergiebt:

für λ $x = 0''',58$; für $\delta = 0$ hätten wir erhalten $x = 0{,}596$
- λ' $x = 0\;,16$ - - - - - $x = 0{,}179$
- λ'' $x = 0\;,039$ - - - - - $x = 0{,}0483$

Der dicke Draht hat für meine Maschine den Durchmesser $0''',6$, der ganz dünne den Durchmesser $0''',05$; der erste ist also vorzüglich gut für die Glühversuche, der letztere nur wenig zu dick für die Erschütterung, und in der That geschieht das Glühen sehr gut bis zum Durchschmelzen des Drahts, und die Erschütterungen sind bei befeuchteten Händen so stark, dafs bisher sie Niemand ertragen konnte und ich beim Anstellen der Versuche das Befeuchten der Hände unterlasse.

Für die Wasserzersetzung müfste eigentlich eine dritte, mittlere Spirale angefertigt werden, um das Phänomen möglichst stark hervorzubringen, indessen geht sie auch so, und zwar mit beiden Spiralen vor sich.

Würde man $\delta = 0$ annehmen, d. h. würde man die Umspinnung der Drähte vernachlässigen können, so zeigen die oben für diesen Fall angegebenen Werthe für x, dafs der Fehler nicht sehr bedeutend wird. In diesem Falle aber vereinfachen sich unsere Formeln auf eine merkwürdige Art. Wir erhalten nämlich für beide Cylinder als Parallelabschliefsung:

$$L = \frac{ac(b+c)\pi}{2x^4}$$

$$F = \frac{2pcax^2}{ac\pi(b+c) + 2\lambda x^4}$$

und für die vortheilhafteste Bestimmung von x:

$$x^4 = \frac{(b+c)ac\pi}{2\lambda}.$$

Für diesen letzten Fall, für die vortheilhafteste Be-

stimmung von x, wird dann durch Substitution des Werthes von x^4:

$$L_m = \frac{2ac(b+c)\pi . \lambda}{2ac(b+c)\pi} = \lambda \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

und $$F_m = \frac{2pca . \sqrt{\frac{(b+c)ac\pi}{2\lambda}}}{ac\pi(b+c)+ac\pi(b+c)} = p . \sqrt{\frac{ac}{2\lambda(b+c)\pi}} \quad . (2)$$

Aus dem ersten Werthe (1) ergiebt sich, dafs die vortheilhafteste Dicke der elektromotorischen Drähte bei der Einwirkung auf einen Leiter diejenige ist, wo der Widerstand der Spiralen selbst gleich dem Widerstande des Leiters ist, auf den sie einwirken; eine Regel, die bekanntlich auch für alle hydro-elektrischen und thermoelektrischen Apparate gilt, nur müssen wir nicht vergessen, dafs dieses Gesetz hier nur mit der Einschränkung gilt, dafs die Bespinnung der Drähte unbedeutend sey.

Aus der Formel (2) folgt, dafs die Stärke des Stroms bei der vortheilhaftesten Construction der Spiralen, direct dem von der Einwirkung des Magneten auf den Anker abhängenden Coëfficienten p, direct der Quadratwurzel aus der Länge a des *bewickelten* Cylinders (wohlverstanden, bei unveränderter Länge des Cylinders), umgekehrt proportional der Quadratwurzel des Leitungswiderstandes des Leiters, auf den wir einwirken, sey, und dafs der Strom um so stärker sey, je gröfser die Dicke sämmtlicher Windungsschichten c und je kleiner b ist, oder je dichter der Draht dem inducirenden Eisencylinder anliegt.

Es müssen nun noch die Bedingungen festgesezt werden, bei welchen der Coëfficient p sein Maximum erreicht, d. h. bei welchen der Magnetismus der Eisencylinder innerhalb der elektromotorischen Spiralen am stärksten sey; allein hierüber fehlen uns bis jetzt die Data. Wir wissen nur, dafs der Magnet möglichst stark, das Eisen möglichst weich, und die Dicke des Eisencylinders, so wie ihre Länge, der Stärke und Gestalt des magnetisirenden Magneten angemessen seyn müssen; die besten Verhältnisse in

dieser Hinsicht können bisher aber nur auf experimentellem Wege durch Probiren ermittelt werden.

2) Für die Verbindung der elektromotorischen Spirale hinter einander.

Wenn die Drähte der elektromotorischen Spiralen nicht neben einander, sondern hinter einander verbunden werden, so dafs der inducirte Strom erst die eine, dann die andere Spirale und endlich den Leiter λ durchlaufen mufs, so wird die Herleitung der Formeln noch viel einfacher. In der That ist der Strom dann:

$$F=\frac{2A}{2L+\lambda}=\frac{\frac{2pac}{(x+\delta)^2}}{\frac{2ac\pi(b+c)}{x^2(x+\delta)^2}+\lambda}=\frac{2pacx^2}{2ac(b+c)\pi+x^2(x+\delta)^2\lambda},$$

folglich ergiebt sich der vortheilhafteste Durchmesser aus der Gleichung:

$$x^3(x+\delta)=\frac{2ac(b+c)\pi}{\lambda}.$$

Für unsere drei Fälle ergeben sich hiernach die Durchmesser aus den Gleichungen:

für λ $\quad x^4+0,1\,.x^3=0,5248$ $\quad$ also $x=0,85$
- λ' $\quad x^4+0,1\,.x^3=0,004044$ $\quad$ - $x=0,23$
- λ'' $\quad x^4+0,05.x^3=0,000021616$ $\quad$ - $x=0,058.$

Für den dritten Fall, wo der Strom durch den menschlichen Körper geht, ist der beste Durchmesser 0,058 noch etwas näher dem wirklichen 0,05, als für die frühere Verbindung der elektromotorischen Spiralen, wo der beste Durchmesser sich $=0,039$ ergab. Um zu sehen, ob diese Folgerung der Theorie sich in der Erfahrung bestätigt, änderte ich die Verbindung der Drahtenden meiner Clarke'schen Maschine so ab, dafs die Drähte hinter einander durch den Strom durchlaufen wurden, und in der That war die Empfindung der Erschütterungen noch heftiger wie früher.

Wenn man auch hier die Umspinnung der Drähte vernachlässigen will, so ergiebt sich:

$$L=\frac{2ac(b+c)\pi}{x^4}$$

$$F=\frac{2pacx^2}{2ac(b+c)\pi+x^4\lambda}$$

und die Bedingungsgleichung für den vortheilhaftesten Durchmesser:

$$x^4=\frac{2ac(b+c)\pi}{\lambda};$$

folglich haben wir wiederum für die vortheilhafteste Construction:

$$L_m=\frac{2ac(b+c)\pi.\lambda}{2ac(b+c)\pi}=\lambda$$

$$F_m=\frac{2pac.\sqrt{\frac{2ac(b+c)\pi}{\lambda}}}{2ac(b+c)\pi+2ac(b+c)\pi}=p.\sqrt{\frac{ac}{2\lambda(b+c)\pi}}$$

Also auch hier mufs der Widerstand der elektromotorischen Spiralen für die vortheilhafteste Construction des Apparats gleich dem Widerstande des zu durchlaufenden Leiters seyn. — Die Kraft des Stroms in diesem Fall ist aber genau dieselbe, wie bei der Parallelschliefsung, wie die völlige Identität beider Ausdrücke für F_m beweist. Es ist also einerlei, wie man bei den magnetoelektrischen Maschinen die Verbindungen der Drähte der inducirten Spiralen einrichtet, wenn man nur demgemäfs die Dicke der Drähte abändert.

V. *Ueber relative mittlere Atomabstände; von G. Karsten und F. Brunnow.*

Da man das Atomgewicht der Körper unabhängig von dem specifischen Gewichte derselben bestimmt, so giebt diefs ein Mittel an die Hand, die relativen mittleren Abstände der Atome zu berechnen. Unter mittleren Abständen der Atome verstehen wir die Abstände der Schwerpunkte zweier Atome, wie sie sich im Mittel aus den unendlich vielen, im Allgemeinen verschiedenen Abständen ergeben werden.

Es sey A das Atomgewicht, d das specifische Gewicht, V das Volumen, M die Masse eines Körpers, e die mittlere Entfernung zweier Atome. Nehmen wir der Einfachheit wegen den Körper als einen Würfel an, dessen Seite gleich 1 ist, so werden auf einer Seite $\frac{1}{e}$ Atome kommen, in sofern man 1 gegen die unendliche Zahl $\frac{1}{e}$ vernachlässigen kann. Daraus folgt unmittelbar, dafs die Anzahl sämmtlicher Atome des Würfels $=\frac{1}{e^3}$ ist. Diese Anzahl multiplicirt mit dem Atomgewichte, wird einen Ausdruck für die Masse des Körpers geben, indem man den constanten Factor für die Schwere auslassen kann, da es sich nur um ein Verhältnifs handelt; man erhält also:

$$M=\frac{A}{e^3}.$$

Da die Masse eines Körpers nun auch gleich dem Product aus dem specifischen Gewichte in das Volumen ist, und wir das Volumen gleich 1 gesetzt haben, so folgt $M=d$, und daraus unmittelbar:

$$\frac{A}{e^3} = d \; ; \; e = \sqrt[3]{\frac{A}{d}}.$$

Berechnet man hiernach die Abstände für die einfac
Gasarten, so erhält man folgende Tabelle:

Gasart.	A.	d.		log
Sauerstoff	100,000	1,1026	Berzelius	0,65
Wasserstoff	6,2398	0,0688	Berzelius	0,65
Stickstoff	88,518	0,976	Wöhler	0,65
Chlorgas	221,325	2,440	Wöhler	0,65
Jodgas	789,750	8,712	Dumas	0,65
Bromgas	484,153	5,3933	Mitscherlich	0,65

(Die Atomgewichte sind sämmtlich aus Wöhler's (
mie entnommen.)

Für Schwefel-, Phosphor- und Quecksilbergas
hält man ganz abweichende Resultate, nämlich:

Quecksilber	1265,822	6,976	Dumas	0,75
Phosphor	196,143	4,580	Mitscherlich	0,54
Schwefel	201,165	6,617	Dumas	0,49
		6,649	Mitscherlich	0,49

Den Grund zu diesen Abweichungen könnte ma
verschiedenen Ursachen suchen, z. B. könnte man sa
dafs diese drei Gasarten sich von den vorigen durch
Temperatur unterschieden, bei der sie beständig wer
Wenn diefs aber richtig seyn sollte, so müfsten die V
the der Abstände in diesen drei Gasarten gröfser s
als die oben erhaltenen, was keineswegs der Fall
folglich ist diese Annahme zu verwerfen. Oder
könnte die Data angreifen, und mit den Atomgewic
eine einfache Aenderung vornehmen. In der That
hält man auch die früheren Werthe für e, wenn mar
den Schwefel das dreifache, für den Phosphor das z
fache und für Quecksilber das ½fache Atomgewicht
nimmt:

Qu

	A.	*d.*	*log e.*
)uecksilber	632,911	6,976	0,65258
'hosphor	392,286	4,580	0,64424
chwefel	603,495	6,617	0,65334
		6,649	0,65264.

ieht man nun zu den aus zwei einfachen Körpern mengesetzten Gasarten über, so erhält man folgende ie:

Gasart.	*A.*	*d* [1]).		*log e.*
noxydgas	176,437	0,9722	E.	0,75294
toffoxydgas	188,518	1,0392	E.	0,75288
wasserstoff	227,6	1,2474	B. A.	0,75372
vasserstoff	595,393	3,282	M.	0,75288
isserstoff	795,99	4,443	G. L.	0,75107
;as	329,91	1,8064	G. L.	0,75386
er	112,48	0,62349	G. L.	0,75208
nsäure	276,437	1,524	B.	0,75287
felwasserstoff	213,65	1,191	G. L.	0,75126
felkohlenstoff	478,767	2,6447	G. L.	0,75258
dendes Gas	177,83	0,98	E.	0,75292
toffoxydul	277,036	1,527	E.	0,75290
niak	107,24	0,5857	Gm.	0,75422
horwasserstoff	214,874	1,18	E.	0,75343
nwasserstoff	101,396	0,559	E.	0,75287
flige Säure	401,2	2,2048	Gm.	0,75333
felsaures Gas	501,160	3,00	M.	0,74095
rigsaures Gas	477,036	3,1764	G. L.	0,72553
ikwasserstoff	488,85	2,695	D.	0,75287

Vergleicht man die in dieser Tabelle am häufigsten mmende Zahl 0,75287 mit der für die einfachen erhaltenen: 0,65253, so sieht man, dafs der Unied beider $=0{,}10034 = \log \sqrt[3]{2}$ ist. Dieser con-

[1]) e Buchstaben bei *d* bedeuten: E. Erdmann's Chemie, B. A. ›t und Arago, M. Mitscherlich, G. L. Gay-Lussac, B. rzelius, Gm. Gmelin, D. Dumas.

stante Unterschied bei den verschiedenartigsten Zusammensetzungen könnte auf die Vermuthung führen, daſs die Atomabstände in allen Gasarten gleich groſs wären, und daſs der Unterschied in den Formeln

$$\sqrt[3]{\frac{A}{d}} \text{ und } \sqrt[3]{\frac{A}{d}\cdot\frac{1}{2}}$$

durch die Zusammensetzung von zwei Elementen bedingt würde. Vielleicht macht folgende Betrachtungsweise diese Abweichung erklärlich. Gesetzt die Atome der einfachen Gase hätten das doppelte, dreifache .... *n*fache Volumen, so würden wir doch dieselben Werthe für die mittleren Abstände erhalten haben. Wenn wir daher eine Verbindung zweier einfachen Gase b[illegible]en, so können wir uns dieſs so vorstellen, als ob man von jedem eine gleiche Anzahl Atome die Verbindung einginge, wenn wir nur die Volumina der Atome verschieden groſs denken. Verbinden sich also 5O mit 2N zu $\overset{\therefore}{\ddot{N}}$, so können wir uns dieſs so vorstellen, als ob ein Raum, der mit 5fachen O Atomen erfüllt ist, zusammentritt mit einem Raume in dem doppelte N Atome sind. Bei der chemischen Verbindung beider Gasarten wird der neue, von beiden erfüllte Raum zwar häufig nicht so groſs seyn wie die Summe der beiden früheren, es ist dieſs jedoch die einfachste Annahme. Bei der Verbindung zweier einfachen Körper müssen wir also unter der Wurzel mit 2 dividiren, um dieselbe Raumeinheit wie bei den einfachen Gasarten zu Grunde zu legen. Danach erhalten wir für die binären Verbindungen:

	log e		*log e.*
Kohlenoxydgas	0,65260	Wasser	0,65174
Stickstoffoxyd	0,65254	Kohlensäure	0,65253
Chlorwasserstoff	0,65338	Schwefelwasserst.	0,65092
Bromwasserstoff	0,65254	Schwefelkohlenst.	0,65224
Jodwasserstoff	0,65073	Oelbildendes Gas	0,65258
Cyangas	0,65352	Stickstoffoxydul	0,65256

	log e.		*log e.*
Ammoniak	0,65388	Schweflige Säure	0,65299
Phosphorwasserst.	0,65309	Schwefelsaur. Gas	0,64061
Kohlenwasserstoff	0,65253	Salpetrigsaur. Gas	0,62519

Arsenikwasserstoff 0,65253.

Merkwürdig ist das analoge Verhalten des Quecksilbers.

Gehen wir zu den aus drei einfachen Körpern zusammengesetzten Gasen über, so findet dieselbe Schlufsfolge statt. Betrachtet man z. B. die Formel der Kieselfluorwasserstoffsäure:

$$3HF + 2SiF^3,$$

so kann man sich diefs so vorstellen, als ob ein Volumen [illegible] Doppelatomen H sich verbunden hätte mit einem Volum[illegible] Doppelatomen F; diese zwei Volumina haben sich nun mit zwei andern analog gedachten $2SiF^3$ vereinigt. Die einfachste Annahme wird hier seyn, dafs die neue Verbindung den 4fachen Raum der vier ersten einnehmen wird, und wir müssen daher zur Reduction auf die obige Volumeneinheit unter der Wurzel mit 4 dividiren. Dasselbe gilt bei der Blausäure und beim Alkohol. Für diese drei Gase erhält man folgende Werthe:

	A.	*d.*	*log e.*
Kieselfluorwasserstoffsäure	1348,18	3,5735	0,65820
Blausäure	342,39	0,94	0,65311
Alkohol	580,626	1,6133	0,64804

Es scheint hiernach wirklich als wenn in allen Gasarten die Abstände der Mittelpunkte der Atome gleich grofs sind, und diefs könnte man sich vielleicht auf folgende Weise einfach erklären. Man bedenke, dafs die Atome der Gasarten, wenn sie unter keinem Drucke ständen, sich immer weiter von einander entfernen würden. Der atmosphärische Druck ist nun aber die Ursache, weshalb sie bis zu einer gewissen Entfernung von einander zusammengedrückt werden, und da dieser Druck für alle

gasförmigen Körper derselbe ist, so werden die Atome in allen Gasarten gleich weit von einander abstehen.

Nach dem Mariotte'schen Gesetze ist für jede Gasart:

$$\frac{P}{d} = Const.,$$

wo P der Luftdruck, d die Dichtigkeit ist. Setzt man für d den Werth ein, so erhält man:

$$\frac{P.e^3}{A} = Const. \qquad e^3 = \frac{C.A}{P},$$

für eine andere Gasart ist:

$$e'^3 = \frac{C'A'}{P}.$$

Da aber $P.e^3 = P.e'^3$ ist, so hätte man:

$$CA = C'A',$$

d. h. die Constante müfste sich für zwei verschiedene Gasarten umgekehrt wie die Atomgewichte verhalten. Oder für dieselbe Gasart, bei verschiedenem Luftdruck, erhielte man:

$$\frac{C}{P} = \frac{C'}{P'}$$

d. h. die Constante müfste sich direct wie der Luftdruck verhalten. Diese Untersuchung würde vielleicht zur Prüfung des hier aufgestellten Gesetzes dienen können.

Dafs für flüssige und feste Körper ein gleiches Gesetz nicht stattfinden kann, ist einleuchtend. Jedoch ist bei dem jetzigen Stande der Physik die Ermittlung der Atomabstände der festen Körper sehr interessant, indem man, wegen der Ansicht, welche sich jetzt von der Wärme und selbst schon von der Elektricität bildet, annehmen kann, dafs bei gröfserer Erweiterung und Bestimmung jener Ansicht sich viele Eigenschaften der Körper, z. B. die specifische Wärme, das Leitungsvermögen u. s. w., als Functionen der Cohäsion ergeben werden. Die Cohäsion wird man aber, wenn man für die Molecularanziehung das Newton'schen Gesetz ebenfalls gelten läfst,

aus der Entfernung der Atome, wenigstens annäherungsweise, berechnen können, vorausgesetzt, dafs man die Anzahl der Atome kennt, die in derselben Entfernung um ein Atom herumliegen. Diese Kenntnifs haben wir jetzt freilich noch nicht. Bei Körpern indefs, die gleiche Krystallform haben, umgeht man diese Schwierigkeit, indem man hier für die Cohäsion die Attraction zwischen zweien Atomen setzen kann, von der sie nur durch einen, für alle diese Körper gleichen Factor verschieden ist. Berechnet man nun diese Attraction nach der Formel:

$$\frac{A^2}{e^2} = \alpha$$

für gleich krystallisirende Körper, so erhält man folgende Zahlen:

		A.	*d.*	*log e.*	*log α.*
a)	Gold	1243,013	19,5	0,60148	4,98598
	Silber	1351,607	*10,4282	0,70421	4,85328
	Quecksilber	1265,122	14,39	0,64802	4,90820
	Blei	1294,498	*11,3888	0,68521	4,85378
b)	Kupfer	395,695	* 8,721	0,55226	4,09020
	Eisen	339,205	* 7,79	0,54631	3,96830
	Zink	403,226	* 6,9154	0,58858	4,03394
	Nickel	369,675	8,4	0,54785	4,03994
	Mangan	345,887	8,013	0,54505	3,98778
	Kobalt	368,991	8,6	0,54417	4,04570
c)	Bleiglanz	$\frac{1495,662}{2}$ [1])	*7,5052	0,66615	4,41532
	Silberglanz	$\frac{1552,772}{2}$	* 6,8501	0,68480	4,41056

(Die mit * bezeichneten *d* sind nach C. J. B. Karsten's Angaben genommen.)

1) Analog dem Verfahren bei Zusammensetzungen von zwei Gasarten mufste hier mit zwei unter der Wurzel dividirt werden, oder was dieselbe Wirkung hat: das *halbe* Atomgewicht genommen werden.

Es scheint hiernach wirklich, dafs die Molecularattraction für isomorphe Körper gleich ist. Eine nähere Untersuchung dieses Gegenstandes gäbe dann vielleicht das längst gehoffte Resultat, dafs die Krystallform von der gegenseitigen Anziehung der Atome abhängig ist. Ein Grund, der für die Richtigkeit der Ansicht spricht, ist der, dafs wir mit specifischen Gewichtsbestimmungen, die wir aus verschiedenen älteren Tabellen entnehmen, selten übereinstimmende Resultate erhielten, während sich alle ohne Ausnahme verbesserten, wenn wir die neueren specifischen Gewichte von C. J. B. Karsten [1]) nahmen.

VI. *Revision der Atomgewichte.*

1) *Zink.* Durch directe Oxydation, mittelst Salpetersäure, theils eines gewöhnlichen Zinks (bestehend aus 0,003 Kohle, 0,142 Eisen, 0,685 Blei und 99,190 Zink), theils eines reinen, in einem trocknen Wasserstoffstrom destillirten Zinks findet Jacquelain das Atomgewicht =413,7. Zerlegung des Sulfats durch Rothglühhitze, wobei, nach ihm, reines Zinkoxyd zurückbleibt, gab 413,5 und 414,6. Nach dem Mittel aus diesen vier Versuchen setzt er das Atomgewicht auf 414 (nach Berzelius war es 403,23).

2) *Chlor.* Zerlegung von Kupferoxyd mittelst Chlorwasserstoffgas, Bestimmung der Gewichtszunahme und Auffangung des Wassers (Aeq. dasselbe =112,50 gesetzt) gab Hrn. Marignac das Aeq. des Chlors =450,013, wonach das des *Silbers* =1374 und (diese respective zu 450 und 1375 angenommen) das des *Kaliums* =498,5 (oder rund 500) würde. Laurent bestätigt dagegen das Berzelius'sche Chloratom. (*Compt. rend. T. XIV p.* 636, 570 und 456.)

---

1) Abhandlung: Ueber die chemische Verbindung der Körper; gelesen in der Academie der Wissenschaften, 22. Dec. 1831.

VII. *Ueber die Anwendung des Boraxglases zur quantitativen Analyse;*
vom Grafen F. Schaffgotsch.

Bei den durch Erhitzen leicht zerlegbaren Verbindungen der Kohlensäure pflegt die Menge der letzteren als Glühverlust gefunden zu werden, während man solche Verbindungen der Kohlensäure, die sich in der Glühhitze schwierig oder gar nicht zersetzen, durch Uebergiefsen mit einer gewogenen Quantität wäfsriger Säure analysirt. Hiebei mufs aber dem gleichzeitigen Entweichen von Wassergas durch ein Chlorcalciumrohr vorgebeugt werden. Es schien mir weit einfacher, statt der wäfsrigen Säure eine nicht flüchtige, feuerflüssige anzuwenden, z. B. Borsäure, welche bekanntlich im Schmelzen die Kohlensäure aus ihren Salzen austreibt. Ich fand jedoch bald, und habe es seitdem durch zahlreiche Versuche bestätigt, dafs die geschmolzene Borsäure zur Gewinnung genauer Resultate untauglich ist, da sie bei fortgesetztem Schmelzen über der Weingeistlampe mit doppeltem Luftzuge unaufhörlich an Gewicht abnimmt. So verringerte z. B. ein viermaliges, je 20′ dauerndes Umschmelzen 1,8 Grm. wasserfreie Borsäure successive um 4, um 2½, um 3 und 5, im Ganzen also um 14½ Milligrammen. Woher auch dieser Gewichtsverlust rühren mag, so ist klar, dafs dadurch die zu ermittelnde Menge der Kohlensäure scheinbar vergröfsert werden würde. Auch saures phosphorsaures Natron und zweifach chromsaures Kali, welche ich an der Stelle der Borsäure zu benutzen dachte, lassen sich, bei starker Glühhitze im Platintiegel geschmolzen, nicht auf ein constantes Gewicht bringen. Dahingegen entspricht das wasserfreie zweifach borsaure Natron oder Boraxglas allen Anforderungen auf

das Vollständigste. Es ist absolut feuerbeständig, und läſst sich, da es wenig hygroskopisch ist, mit Genauigkeit wägen; auſserdem zerlegt es im Schmelzen die kohlensauren Salze leicht, und verursacht dabei, wegen seiner Zähflüssigkeit, kein Umherspritzen.

Zwar folgt aus dem Gesagten theoretisch die Anwendbarkeit des Boraxglases zu dem in Rede stehenden Zwecke; doch schien es mir nicht überflüssig dieselbe practisch an kohlensauren Salzen von bekannter Zusammensetzung zu bewähren. Das Verfahren war folgendes: Reines, wasserhelles Boraxglas, in der Menge von 2 bis 7 Grm. wurde in einem $18\frac{1}{3}$ Grm. Wasser fassenden Platintiegel über der Weingeistlampe mit doppeltem Luftzuge umgeschmolzen und nach dem Erkalten genau tarirt. Dann schüttete ich eine gewogene Menge des kohlensauren Salzes, bald in Pulverform, bald in Stücken, auf die Oberfläche des Boraxglases, und schmolz letzteres, unter vorsichtiger Steigerung der Hitze, bis es ungefähr nach einer Viertelstunde als klares Glas ruhig floſs. Die Wägung des erkalteten Tiegels gab die Menge der Kohlensäure als Verlust. Wiederholtes Schmelzen lieſs in allen Fällen das frühere Gewicht unverändert. Die nachstehende Uebersicht zeigt die Uebereinstimmung der erhaltenen Resultate mit der Rechnung, wobei ich bemerke, daſs letztere sich auf $C = 75{,}85$ gründet.

Carbonate.	Gewicht in Grammen.	Verlust in Grammen.	Verlust in Proc.	Rechnung.
Kohlens. Kalk (Isländ. Spath)	0,5095	0,225	44,16	43,66
Derselbe	0,8500	0,375	44,12	—
Künstl. kohlensaurer Strontian	0,61375	0,18575	30,27	29,88
Künstl. kohlens. Baryt	0,4845	0,1085	22,37	22,38
Halbgeschmolz. kohlensaures Lithon	0,3000	0,1805	60,17	60,46
Geschmolz. kohlensaures Natron	0,5925	0,2450	41,35	41,37
Kryst. Kalibicarbonat	0,3000	0,1605	53,50	52,96.

Da bei dem letzten dieser Versuche der Verlust aus 2 At. Kohlensäure und 1 At. Wasser besteht, so giebt er eigentlich keine Bestimmung der Kohlensäure, sondern eine Bestimmung des Kalis.

Es lag sehr nahe, auf ähnliche Weise die Menge alkalischer Basen in organischsauren Salzen zu ermitteln, da diese durch Glühen zu kohlensauren werden; doch läfst sich das Boraxglas nur bei Oxalaten unmittelbar anwenden, da andere organischsaure Salze in der Glühhitze viel Kohle absetzen, welche mit dem Boraxglase zusammenschmilzt und dann nicht mehr fortgebrannt werden kann. Man mufs daher die letztgedachten Salze erst für sich vollständig einäschern und das zurückbleibende Carbonat durch Boraxglas quantitativ zerlegen.

Die vollständige Einäscherung eines organischsauren Alkalis geschieht mit grofser Leichtigkeit, wenn man einige Decigramme davon in einem dünnen Platintiegel über der Weingeistlampe mit doppeltem Luftzuge röstet, und nach dem Entweichen der brennbaren Gase den *wohlbedeckten* Tiegel der stärkstmöglichen Hitze der Lampe aussetzt. Nach kurzer Zeit findet man das Carbonat als rein weifsen, von jeder Spur von Kohle befreiten Rückstand, und könnte aus seinem Gewichte unmittelbar die Menge der Base berechnen, wenn nicht die Bildung von Kohlenoxyd durch Verbrennen der Kohle auf Kosten des mit ihr gemengten Carbonats eine Unsicherheit herbeiführte, welche durch Anwendung des Boraxglases beseitigt wird. Letzteres dient hiezu am besten in Form von 2 bis 3 Grm. schweren Pastillen, die man durch Ausgiefsen des feuerflüssigen Glases auf eine glasurte Porcellanplatte erhält, und nach genauer Wägung zum Gebrauch aufbewahren kann.

Es folgen hier zunächst drei mit Boraxglas angestellte Analysen des wasserfreien und des über Schwefelsäure getrockneten gewässerten kleesauren Kalis. Letzteres enthält 1 At. Wasser.

	Versuche.	Rechnung.
I.	0,615 Grm. wasserfr. neutr. kleesaur. Kali liefsen 0,348 Grm. oder 56,59 Proc. Kali	56,64
II.	0,630 Grm. wasserfr. neutr. kleesaur. Kali liefsen 0,358 Grm. oder 56,83 Proc. Kali	—
III.	0,723 Grm. wasserh. neutr. kleesaur. Kali liefsen 0,371 Grm. oder 51,32 Proc. Kali	51,11

So genügend hier die Uebereinstimmung der Versuche mit der Rechnung ist, so verhehle ich mir doch nicht, dafs blofses Glühen des Salzes ohne Zusatz von Boraxglas eben so richtige Resultate gegeben haben würde; denn ich habe mich häufig davon überzeugt, dafs eine kleine Quantität *geschmolzenen* kohlensauren Kalis im wohlverwahrten Tiegel mit Sicherheit gewogen werden kann.

	Weitere Versuche mit and. org. Salzen. Grm.	Gefunden. Grm.	Proc.	Berechnet. Proc.	
I.	0,7035 essigs. Baryt gab. durch Boraxgl.	0,4245 od.	60,34	59,89	Baryt
II.	0,428 saures traubenförmiges Kali	0,1075 -	25,12	26,01	Kali
III.	0,8055 neutr. weins. Kali (im Wasserbade getrocknet)	0,324 -	40,22	40,01	-
IV.	0,6565 dasselbe, ebenso getr.	0,2605 -	39,68	—	-
V.	0,779 Seignettesalz, ebenso getrocknet	0,2665 -	34,15	—	Alkalien

Die beiden letzten Salze sind nach den Formeln $\dot{K}^2\bar{T}+\dot{H}$ und $\dot{K},\dot{Na}\bar{T}+2\dot{H}$ berechnet.

Eben so gut als die Kohlensäure läfst sich die Salpetersäure von den Alkalien durch das in Rede stehende Mittel quantitativ trennen, doch ist es hiebei unumgänglich nöthig, das salpetersaure Salz und das Boraxglas im feingepulverten Zustande mit einander zu mengen, weil sonst bei der Zersetzung des ersteren durch die Hitze ein unmäfsiges Aufschäumen und Umherspritzen stattfindet, welches bei aller Aufmerksamkeit Verluste von $1\frac{1}{2}$ bis 3 Proc. herbeiführt.

Ich habe die Nitrate von Baryt, Natron und Kali analysirt, und dabei die Vorsicht gebraucht, die gemeng-

ten-Pulver vor dem Wägen gelinde, aber anhaltend zu erwärmen, um das hygroskopische Wasser zu entfernen, welches das Boraxglas während des Pulverns aufgenommen haben konnte. Die Menge des Boraxglases betrug in allen Versuchen nahe an 2 Grm.

	Versuche.						Rechnung.
I.	0,566 Grm.	salpeters. Baryt	verl.	0,233 Grm.	od.	41,17 Proc.	41,44
II.	0,642 -	- Natron	-	0,4085 -	-	63,63 -	63,40
III.	0,565 -	- Kali	-	0,3025 -	-	53,54 -	53,44

Ohne Zweifel läfst sich dieselbe Methode auf salpetrichtsaure Salze, vielleicht auch auf arsenichtsaure und arsensaure anwenden.

Es gelang mir nicht Phosphorsäure, Schwefelsäure und Fluor auf diese Weise zu bestimmen; ich fand nämlich, dafs phosphorsaures Natron und schwefelsaurer Baryt durch Zusammenschmelzen mit Boraxglas gar nicht, schwefelsaures Kali und Fluorcalcium nur höchst ungenügend zerlegt wurden.

VIII. *Ueber die Brechungsverhältnisse; von Hrn. H. Deville.*

(*Annal. de chim. et de phys. S. III T. V. p.* 129.)

Das Brechungsverhältnifs eines homogenen, nicht krystallisirten Körpers ist das Verhältnifs der Geschwindigkeit des Lichts im Vacuo zu der in diesem Körper. Diefs Verhältnifs ist für jeden Einfallswinkel der Lichtstrahlen constant, oder, anders gesagt, die Geschwindigkeit des Lichts hängt blofs von der Natur des durchlaufenen Körpers ab, und nicht von dem Winkel, welchen seine Richtung mit dessen Oberfläche macht. Und in der That, da das Verhältnifs der Geschwindigkeiten ausgedrückt wird durch das Verhältnifs des Sinus vom Einfalls- und vom Brechungswinkel, gemessen in der auf der Oberflä-

che senkrechten und den einfallenden Strahl einschliefsenden Ebene, so bedingt die Constanz des letzteren Verhältnisses, welches man durch Erfahrung nachweisen kann, die des ersteren, d. h. des Brechungsverhältnisses für eine und dieselbe nicht krystallisirte Substanz. Anders verhält es sich mit dem Durchgang des Lichts durch eine krystallisirte Substanz (falls diese nicht zum regulären System gehört, d. h. ihre drei Axen nicht gleicher Art und unter sich rechtwinklich sind). Alsdann ist die Geschwindigkeit nicht mehr unabhängig von der Richtung der Strahlen und der Unterschied in der Geschwindigkeit der Strahlen, die einen Krystall mit einer oder zwei optischen Axen durchdringen, ist die unmittelbare Ursache des Phänomens der Doppelbrechung.

Die gegenwärtige Abhandlung bezweckt, das Brechungsverhältnifs als specifisches Kennzeichen der Körper zu behandeln. In der Mineralogie ist dasselbe schon dazu benutzt; ich werde versuchen zu zeigen, von welchem Interesse es für die Substanzen ist, mit welchen die Chemie sich befafst.

Im Allgemeinen, wenn ein Körper zu studiren ist, sucht man gewisse, ihm eigenthümliche Merkmale mit möglichster Schärfe festzustellen, um ihn daran unter jedem Umstande erkennen zu können. Unter diesen specifischen Kennzeichen giebt es gewisse physische Eigenschaften, wie Dichtigkeit, Siedpunkt u. s. w., mittelst welcher man sich der Reinheit eines Körpers versichern kann, und die daher unter diesem besondern Gesichtspunkt sehr schätzbar sind. Im Allgemeinen ist es gut, jede physische Eigenschaft festzustellen, und die Beobachtung keiner Zahl in der Chemie zu vernachlässigen, die leicht mit Genauigkeit erhalten werden kann. Das gilt auch vom Brechungsverhältnifs.

Die Nützlichkeit desselben mufs besonders hervorleuchten als die durch die organische Chemie hervorgebrachten Körper sich fortwährend vermehren. Die Beob-

achtung der Brechungsverhältnisse könnte wohl oft behülflich seyn, jene Fragen zu lösen, die sich über die Identität gewisser Substanzen erheben lassen, welche unter so wesentlich verschiedenen Umständen erzeugt worden, dafs man kaum glauben kann, sie seyen blofs isomer. Selbst die isomeren Körper, die sich durch ihre chemischen Reactionen nicht verwechseln lassen, haben zuweilen mehre physische Eigenschaften gemein, und scheinen gleichsam verschiedene Grade von Identität darzubieten, welche sich durch Betrachtung dieser physischen Eigenschaften bestimmen lassen [1]).

Ehe ich zum Detail meiner Versuche übergehe, will ich erörtern, mit welchem Grade von Annäherung das Brechungsverhältnifs eines Körpers, als Kennzeichen desselben, zu bestimmen zweckmäfsig ist.

Mit den uns von der Physik zu Gebot gestellten Mitteln kann man das Brechungsverhältnifs einer gewissen, durch ihren Hauptstrich bestimmten Farbe des Spectrums leicht bis auf die fünfte Decimale bestimmen [2]). Ist diese Bestimmung einmal gemacht, so kommt die aus der Beobachtung abgeleitete Zahl blofs den physischen Umständen zu, die man bei dem Versuch obwalten liefs. Sehen wir nun bis wie weit diese Umstände auf die gefundene Zahl einfliefsen und bis zu welchem Punkt es möglich sey, diese Umstände mit vollkommener Identität wieder aufzufinden. Das Brechungsverhältnifs hängt offenbar von der Dichtigkeit des Körpers ab, und diese wiederum von der jedesmaligen Temperatur desselben. Nichts sagt uns überdiefs, dafs, wenn die Temperatur und folglich die physikalischen Eigenschaften sich än-

1) Der Verf. verweist hiebei auf die von ihm selbst, so wie von Becquerel und Cahours gemachten Messungen der Brechungsverhältnisse verschiedener organischer Substanzen, Messungen, die in diesen Annalen, Bd. LI S. 427, 433 und 437, mitgetheilt wurden. *P.*

2) S. Fraunhofer, Bestimmungen des Brechungs- und Zerstreuungs-Vermögens. S. Gilb. Annalen, Bd. LVI S. 264. 302.

dern, nicht auch, unabhängig von der Veränderung der Dichte, eine Aenderung in der Geschwindigkeit des Lichts erfolge. Abgesehen von dieser Hypothese, ist es gewiſs, daſs man, um die Umstände bei dem Versuch vollständig zu bestimmen, die Dichtigkeit des Körpers, die Temperatur, bei der man diese genommen hat, und die Temperatur, bei welcher das Licht durch ihn geht, kennen muſs. Nun ändert der geringste Temperaturwechsel bei den meisten Körpern die Dichte derselben schon in der dritten Decimale; es ist also unmöglich für diese Zahl einzustehen, und um so mehr für fünf Einheiten der folgenden Ordnung oder für 0,0005. Wiederholte Beobachtungen an sehr verschiedenen Substanzen haben mir gezeigt, daſs im Allgemeinen die Aenderungen des Brechungsverhältnisses mit denen der Dichtigkeit von gleicher Ordnung sind. Erwägt man nun noch die Schwierigkeit, mit welcher immer die Temperatur des zu dem Versuch genommenen Körpers zu bestimmen ist, so glaube ich schlieſsen zu müssen, daſs es unnöthig sey, die Bestimmung des Brechungsverhältnisses, als Kennzeichen der Körper, weiter als bis zur dritten Decimalstelle zu treiben.

Diese Betrachtungen sind wichtig in sofern die Methoden, mittelst welcher man die Brechungsverhältnisse bis zur fünften Decimalstelle erhält, die Beobachtung einer bestimmten Linie des Spectrums, und demnach die Anwendung sehr complicirter Apparate erfordern, was, wenn die Brechungsverhältnisse nothwendig auf diese Weise erhalten werden müſsten, die Zahl der zu studirenden Substanzen bedeutend beschränken würde.

Es reicht also hin, das Brechungsverhältniſs bei allen Versuchen für eine bestimmte Farbe, z. B. für das Gelb, zu bestimmen, und überdieſs hat man, aus leicht begreiflichen Gründen, unter den vielen Methoden, die dazu bekannt sind, die einfachsten zu wählen.

Construirt man aus der zu untersuchenden Substanz

convexe Linsen, kennt die Brennweite derselben, die Halbmesser ihrer Oberflächen oder einfach die Brennweite einer Wasserlinse von gleichen Dimensionen, so kann man das Brechungsverhältnifs entweder an sich (die schwache Berichtigung wegen der Luft bei Seite gelassen) oder bezogen auf Wasser finden. Man hat also das Brechungsverhältnifs absolut, weil man das des Wassers kennt. Besitzt man ein gutes Mikroskop, versehen mit Fäden und einem festen Mikrometer, so kann man beobachten, welche Vergröfserungen Objective von gleichen Dimensionen, aber verschiedener Natur hervorbringen, und dann, die Vergröfserung des Wasser-Objectives kennend, das Brechungsverhältnifs der die Linse zusammensetzenden Substanz berechnen. Diefs ist das Verfahren, dessen sich die HH. Becquerel und Cahours bedienten [1]). Es hat das Ueble ein sehr kostbares Instrument, ein sehr gutes Mikroskop, zu erfordern.

Man kann auch an einem Prisma, dessen Natur und brechender Winkel bekannt sind, den Winkel des Ablenkungs-Minimums beobachten. Die Bestimmung des Brechungsverhältnisses kommt dann auf eine Winkelmessung zurück, die sich mittelst eines Repetionskreises oder eines Goniometers mit beliebiger Genauigkeit ausführen läfst. Man kann dazu das Malus'sche Goniometer anwenden.

Ich ziehe das vor einigen Jahren von Hrn. Babinet beschriebene Goniometer bei weitem vor. Dasselbe ist im Princip nichts anderes als das Malus'sche, nur ist das entfernte Sehzeichen ersetzt durch ein nahes, im Brennpunkt einer biconvexen Linse befindliches, das folglich als unendlich entfernt vom Prisma angesehen werden kann [2]).

1) Vergl. Annalen, Bd. LI S. 417.

2) Es ist dieselbe Vorrichtung, die viel früher von Rudberg beschrieben worden ist. S. Annalen, Bd. IX S. 517. *P.*

Wenn man in den Brennpunkt dieser Linse eine mäfsig dünne Nähnadel als Sehzeichen anbringt, so erlangt man einen Vorzug, den nur diese Einrichtung gewährt. Das von jedem der beiden Nadelränder kommende Licht bildet ein Spectrum. Diese beiden Spectra legen sich zum Theil über einander, und aus der partiellen Zusammensetzung der Farben entsteht eine sehr scharfe Linie, bestimmt durch den Gegensatz der beiden abgeschnittenen Farben, einer bläulichgrünen und einer intensiv rosenrothen. Auf diese Linie läfst sich mit einer Genauigkeit einstellen, gröfser als die, mit welcher das (nur Minuten gebende) Instrument die Winkel zu messen erlaubt.

Um ein Brechungsverhältnifs mit dem Babinet'schen Instrument zu bestimmen, mifst man zuvörderst auf bekannte Weise den Winkel des Prismas. Man merkt sich darauf den Grad des Instruments, welcher dem Ablenkungs-Minimum des Sehzeichens entspricht. Dann dreht man das Prisma um sich selbst, bis der Lichtstrahl durch die andere Seite des Prismas in entgegengesetzter Richtung eintritt, und sucht abermals die Lage des gebrochenen Strahls, der dem Ablenkungs-Minimum des Sehzeichens entspricht. Der von diesen beiden Lagen eingeschlossene Winkel-Abstand ist das Doppelte des Ablenkungs-Minimums. Wenn man bei jeder dieser Beobachtungen auf die eben erwähnte Schnittlinie beider Spectren einstellt und die erhaltene Ablenkung in die Formel setzt, so hat man offenbar das Brechungsverhältnifs entsprechend einem Punkt des Spectrums, der beinahe gleich weit von beiden Enden, folglich in der Mitte des Gelb liegt.

Die Fehler, welche man bei diesem Verfahren in der Beobachtung des Brechungsverhältnisses begehen kann, können aus der Messung des Prismen-Winkel und der Ablesung entspringen. Das Einstellen läfst sich so vollkommen bewerkstelligen, dafs dieser Theil des Verfah-

rens keine Unsicherheit mit sich bringt. Nur die Lage des Prisma auf seinem Träger, eine Lage, die eine solche seyn mufs, dafs die Ebene des Einfalls und der Brechung senkrecht ist auf den Ebenen, die bei der Messung den brechenden Winkel bilden, nur diese ist einigen sehr geringen Fehlern ausgesetzt, welche indefs das Instrument selbst innerhalb gewisser Gränzen zu berichtigen erlaubt. Auf diese Weise wird das Babinet'sche Goniometer, obwohl zur Messung von Krystallen sehr unvollkommen, für den Chemiker ein sehr schätzbares Instrument, sobald es sich darum handelt, die Brechungsverhältnisse mit einem für sie hinreichenden Grad von Genauigkeit zu bestimmen. Uebrigens wird es auch, nach einigen leichten Abänderungen, sehr geeignet zur Messung des Brechungsverhältnisses für irgend eine beliebige Linie des Spectrums.

Eine Folge von dem oben Gesagten ist, dafs sich mittelst des Goniometers sehr geringe Unterschiede zwischen den Brechungsverhältnissen nachweisen lassen, mit einer Genauigkeit, weit gröfser als die, mit welcher man diese Verhältnisse selbst zu messen vermag. Zu dem Ende genügt es, nachdem man die erste Beobachtung gemacht, die Reihe der zu vergleichenden Versuche anzustellen, unter Anwendung desselben Prisma, ohne dafs man dessen brechenden Winkel oder dessen Lage am Apparat ändert. Man wechselt blofs mittelst einer Pipette die Flüssigkeit, und wäscht das Prisma nöthigenfalls mit vollkommen reinem Alkohol oder Aether, den man nachgehends durch Einblasen von Luft vollständig entfernt. Auf diese Weise wohnt man gleichsam den Verschiebungen der Ebene des Ablenkungs-Minimums bei, und diese Verschiebungen lassen sich mit einer Schärfe erhalten, die nur durch die Gradtheilung des Instruments begränzt wird.

Auf diese Weise sind die in dieser ersten Abhandlung angeführten Versuche angestellt.

Das Prisma, dessen ich mich bediene, besteht aus

einem kleinen prismatischen Klotz von mattgeschliffenem Glase, mit einer cylindrischen Durchbohrung von etwa 1,5 Centimetern Durchmesser, und deren Axe senkrecht ist auf der den brechenden Winkel halbirenden Ebene. Diesen Cylinder verschliefst man durch zwei Glasplatten mit parallelen oder ihrer Neigung nach bekannten Flächen, und befestigt sie, je nach den Umständen, mit Gummilösung, Talg oder Wachs.

Ein anderes cylindrisches Loch, parallel der brechenden Kante des Prismas in eine von dessen Basen gemacht, dient zur Einbringung der Flüssigkeit.

Der brechende Winkel mufs 45° bis 60° betragen, je nach der Brechkraft der zu untersuchenden Substanz.

Für das folgende Detail der Beobachtungen nenne ich A den brechenden Winkel des Prisma, D das Ablenkungs-Minimum, μ das Brechungsverhältnifs, δ die Dichtigkeit der Substanz und t die Temperatur bei dem Versuch. Die beiden letzten Zahlen müssen durchaus angegeben werden; ohne sie verliert das Brechungsverhältnifs viel von seiner Wichtigkeit als specifisches Kennzeichen.

Um eine Idee zu geben von der Constanz der mit dem Instrument beobachteten Brechungsverhältnisse, will ich hier einige meiner ersten, oftmals an einer selben Substanz gemachten Beobachtungen anführen.

Französisches Kronglas.

$A=42°\ 28'$;	$D=23°\ 32'$	also $\mu=1,5036$
$A=42\ \ 29$;	$D=23\ \ 31\ \ 30''$	- $\mu=1,5034$
$A=42\ \ 28$;	$D=23\ \ 30$	- $\mu=1,5035$.

Wollaston fand μ für ein französisches Kronglas $=1,504$ und für ein englisches $=1,500$.

Für Wasser fand ich bei mehren Messungen:

$A=54°\ 44'$;	$D=20°\ 53'$	also $\mu=1,3336$	bei $t=15°$ C.
$A=54\ \ 40$;	$D=20\ \ 52\ \ 30''$	- $\mu=1,3339$	- $t=14$ -
$A=54\ \ 40$;	$D=20\ \ 52\ \ 30$	- $\mu=1,3339$	- $t=14$ -
$A=54\ \ 48$;	$D=20\ \ 57$	- $\mu=1,3340$	- $t=8$ -

Bei einer mäfsig brechenden Substanz und einem Prisma von etwa 50° hat ein Fehler von einer oder zwei Minuten nur Einflufs auf die vierte Decimale. Einen solchen Fehler zu begehen ist aber, nach einiger Uebung, unmöglich, vor allem, wenn das Instrument gut construirt ist [1]).

Alkohol.

Die folgenden Versuche wurden an Gemengen von Wasser und absolutem Alkohol angestellt. Letzterer hatte bei 16° C. eine Dichte =0,796. Aus diesem Alkohol und Wasser bildete ich Lösungen, die im Alkoholgehalt um ein Zehntel (dem Gewichte nach) verschieden waren, und deren Dichtigkeiten aus der Tafel des Hrn. Gay-Lussac berechnet wurden. Die Temperatur bei der ganzen Reihe war 16° C.

Alkohol.	Wasser.	δ.	Winkel.	μ.	Unterschiede.
1	0	0,796	$A=54°\ 48'\ 0''$ $D=22\ \ 55\ \ 0$	1,3633	
0,9	0,1	0,829	$A=54\ \ 48\ \ 0$ $D=23\ \ 6\ \ 30$	1,3653	+20
0,8	0,2	0,856	$A=54\ \ 48\ \ 0$ $D=23\ \ 9\ \ 0$	1,3662	+ 9
0,7	0,3	0,880	$A=54\ \ 48\ \ 0$ $D=23\ \ 4\ \ 15$	1,3651	—11
0,6	0,4	0,902	$A=54\ \ 48\ \ 0$ $D=22\ \ 59\ \ 0$	1,3633	—18

1) Zur Beleuchtung des Sehzeichens ist es sehr bequem, sich einer guten Lampe mit einem kugelförmigen Schirm von mattem Glase zu bedienen. Es läfst sich dann ein starkes Licht auf das Prisma werfen, und wenn man nun das Instrument, bis auf das Objectiv des Fernrohrs, in's Dunkle bringt, kann man die Beobachtungen mit großer Schärfe und Genauigkeit machen, auch wird das Einstellen merkwürdig leicht und genau.

Alkohol.	Wasser.	δ.	Winkel.	μ.	Unterschiede.
0,55	0,45 [1]	0,916	$A = 54^\circ\ 48'\ 0''$ $D = 22\ \ 55\ \ 30$	1,3629	— 4
0,5	0,5	0,9275	$A = 54\ \ 48\ \ 0$ $D = 22\ \ 52\ \ 0$	1,3621	— 8
0,4	0,6		$A = 54\ \ 48\ \ 0$ $D = 22\ \ 21\ \ 0$	1,3592	—29
0,3	0,7	0,960	$A = 54\ \ 48\ \ 0$ $D = 22\ \ 21\ \ 0$	1,3544	—58
0,2	0,8	0,972	$A = 54\ \ 48\ \ 0$ $D = 21\ \ 55\ \ 30$	1,3471	—73
0,1	0,9	0,984	$A = 54\ \ 48\ \ 0$ $D = 21\ \ 26\ \ 0$	1,3407	—64
0	1	1,000	$A = 54\ \ 40\ \ 0$ $D = 20\ \ 52\ \ 30$	1,3339	—68

Hier noch einige Versuche, gemacht mit anderem Alkohol ebenfalls bei der Temperatur 16° C.:

Alkohol enthaltend:

	Winkel	
eine Spur Wasser	$A = 54^\circ\ 10'\ 30''$ $D = 22\ \ 59\ \ 0$	$\mu = 1{,}3639$
1 bis 2 Proc. dito	$A = 54\ \ 10\ \ 30$ $D = 22\ \ 59\ \ 30$	$\mu = 1{,}3641$
20 Proc. dito	$A = 54\ \ 48\ \ 0$ $D = 23\ \ 8\ \ 30$	$\mu = 1{,}3660$
käufl. 20 Proc. dito	$A = 54\ \ 40\ \ 0$ $D = 23\ \ 1\ \ 0$	$\mu = 1{,}3660$

Brewster und Young fanden für Rum und Brantwein, die etwa 50 Proc. Wasser enthielten, die Zahl 1,360, welche vollkommen mit der zuvor für eine Flüssigkeit von gleichem Alkoholgehalt gefundenen übereinstimmt.

Vergleicht man unter einander die in vorstehende Tafel enthaltenen Zahlen, so sieht man, dafs die Bre

1) Diese Lösung wurde, als Prüfung, aus einem Gemische gleicher Gewichte Alkohol von 0,2 und Alkohol von 0,7 gemacht.

chungsverhältnisse ein Maximum haben, welches dem Alkohol von 0,2 Wasser entspricht, und dieser besteht aus einem Gemisch von

1 Aequivalent Alkohol	80,4	481,08
1 Aequivalent Wasser	19,6	112,50
	100,0	593,58.

Während also, nach Rudberg [1]), der Alkohol mit 3 At. Wasser das Maximum der Contraction zeigt, ist der Alkohol mit 1 At. Wasser durch ein Maximum des Brechungsverhältnisses charakterisirt. Es ist noch hinzuzufügen, dafs genau dann, wann der Alkoholgehalt dem des Rudberg'schen Weingeistes nahe kommt, das Brechungsverhältnifs dem des absoluten Alkohols gleich wird. Ich gebe hier noch die Brechvermögen dieser verschiedenen Lösungen, woraus man sieht, dafs dieselben kein Maximum haben. Diefs rührt davon her, dafs die Dichtigkeiten weit rascher wachsen als die Brechungsverhältnisse, oder in denselben Zwischenräumen nicht abnehmen.

Alkohol, absoluter	1,0787	Alkohol mit 0,5 Wass.	0,9219
dito mit 0,1 Wass.	1,0676	- - 0,6 -	0,8977
dito - 0,2 -	1,0468	- - 0,7 -	0,8692
dito - 0,3 -	0,9811	- - 0,8 -	0,8577
dito - 0,4 -	0,9518	- - 0,9 -	0,8106
dito - 0,45 -	0,9359	Reines Wasser	0,7956

Holzgeist.

Dieselben Untersuchungen habe ich über den Holzgeist angestellt, nur habe ich die jedem Holzgeistgehalt der Flüssigkeit entsprechende Dichtigkeit gemessen, und daraus die entsprechende Contraction hergeleitet.

Da diese Bestimmungen kein anderes Interesse haben als das, was sich auf diese Untersuchungen bezieht, so glaubte ich, die Dichtigkeit blofs bei den Flüssigkei-

1) Annalen, Bd. XIII S. 501. P.

ten von successive 0, 0,1, 0,2 u. s. w. Wassergehalt, als den einzigen, deren ich nöthig hatte, nehmen zu brauchen.

Beim Vergleiche dieser Zahlen bin ich zu folgenden Resultaten gelangt:

Ich fand, wie Hr. Dumas, die Dichtigkeit des reinen Holzgeistes beinahe gleich der des reinen Alkohols.

Die Dichtigkeiten der verschiedenen Lösungen (immer nach Gewichtsverhältnissen zusammengesetzt) weichen wenig ab von denen der analogen weingeistigen Flüssigkeiten, die Dichtigkeiten dieser nach der Gay-Lussac'schen Tafel bestimmt.

Bei den Holzgeistlösungen, wie bei denen des Alkohols, giebt es ein Maximum der Contraction, das einer Zusammensetzung von 3 Aeq. Wasser und 1 Aeq. Holzgeist entspricht.

Die Zahl, welche dieses Maximum vorstellt, ist für beiderlei Flüssigkeiten nahe dieselbe, für den Alkohol =3,99, und, bei derselben Temperatur, für den Holzgeist =4,1.

Alle Brechungsverhältnisse der Holzgeistlösungen wurden bei 9° C. beobachtet.

Holzgeist.	Wasser.	δ.	Winkel.	μ.	Unterschiede.
1	0	0,807	$A=54°\ 47'\ 0''$ $D=21\ \ 3\ \ 30$	1,3358	
0,9	0,1	0,8371	$A=54\ \ 47\ \ 0$ $D=21\ \ 23\ \ 30$	1,3405	+47
0,8	0,2	0,8619	$A=54\ \ 47\ \ 0$ $D=21\ \ 32\ \ 0$	1,3429	+24
0,7	0,3	0,8873	$A=54\ \ 47\ \ 0$ $D=21\ \ 41\ \ 30$	1,3452	+23
0,6	0,4	0,9072	$A=54\ \ 47\ \ 0$ $D=21\ \ 45\ \ 30$	1,3462	+10
0,5	0,5	0,9232	$A=54\ \ 47\ \ 0$ $D=21\ \ 45\ \ 30$	1,3462	+ 0

Holzgeist.	Wasser.	δ.	Winkel.	μ.	Unterschied.
0,4	0,6	0,9429	$A=54^\circ\ 47'\ 0''$ $D=21\ 41\ 30$	1,3452	—10
0,3	0,7	0,9576	$A=54\ 47\ 0$ $D=21\ 31\ 30$	1,3428	—24
0,2	0,8	0,9709	$A=54\ 47\ 0$ $D=21\ 17\ 30$	1,3394	—24
0,1	0,9	0,9751	$A=54\ 47\ 0$ $D=21\ 12\ 0$	1,3380	—56
0,05 fast	0,95	0,9857	$A=54\ 47\ 0$ $D=21\ 6\ 0$	1,3360	—20
Reines Wasser		1,0000	$A=54\ 48\ 0$ $D=20\ 57\ 0$	1,334	—20

Vergleicht man unter einander die Zahlen dieser Tafel, so sieht man, dafs das Brechungsverhältnifs ein Maximum hat, das einem zwischen 0,5 und 0,6 liegenden Holzgeistgehalt entspricht. Sucht man, welche Zusammensetzung dem Maximo der Contraction entspricht, so findet man sie:

1 Aeq. Holzgeist	54,4
3 Aeq. Wasser	45,6
	100,0.

Für eine in diesem Verhältnifs gemachte Lösung fand ich:

$$A=54^\circ\ 44' \qquad D=21^\circ\ 45' \qquad \mu=1,3465,$$

d. h. das stärkste Brechungsverhältnifs, welche Gemenge von Holzgeist und Alkohol darbieten können.

Vergleicht man die Spalte der Unterschiede, so sieht man, dafs sie nahe beim Maximum in gleichen Abständen von demselben gleich sind. Construirt man nach den Angaben dieser Tafel eine Curve, mit den Wassergehalten als Abscissen und den Brechungsverhältnissen als Ordinaten, so wird die Curve auf der Axe der y anfangen, wo der Werth der ersten Ordinate, das Bre-

chungsverhältnifs des reinen Holzgeistes, 1,3358 ist, und die Abscisse Null, dagegen endigen mit der Ordinate 1,386 [1]), d. h. dem Brechverhältnifs des reinen Wassers, und der Abscisse 1. Nahe bei diesen beiden Punkten zeigt die Curve nichts Merkwürdiges; allein in der Gegend der Maximum-Ordinate =1,3165, die der Abscisse =0,456 entspricht, und auf einer grofsen Strecke diefs- und jenseits dieses Punkts, ist die Curve streng symmetrisch, da die gleich weit von der Maximum-Ordinate entfernten Punkte der Curve genau dieselben Ordinaten haben.

Während also beim Alkohol das Maximum der Contraction einer Verbindung desselben mit 3 Aeq. Wasser, und das Maximum des Brechungsverhältnisses einer Verbindung mit 1 Aeq. Wasser entspricht, finden sich beim Holzgeist diese beiden Maxima bei der Verbindung mit 3 Aeq. Wasser.

Hr. Poiseuille hat der philomatischen Gesellschaft mitgetheilt, dafs er beim Vergleiche der Geschwindigkeiten, mit denen Weingeiste von verschiedenem Alkoholgehalt durch Haarröhrchen fliefsen, auch ein Maximum beobachtet habe. Diese Thatsachen verdienen in der Geschichte der Eigenschaften des Alkohols eine Stelle.

Essigsäure.

Die Lösungen der Essigsäure besitzen ein Dichtigkeitsmaximum, welches eine Verbindung von 1 Aeq. Säure und 3 Aeq. Wasser entspricht. Es war also zu untersuchen, ob die Brechungsverhältnisse dieser Lösung auch ein solches Maximum besitzen. Zu dem Ende bestimmte ich diese Verhältnisse für folgende Gemische:

Krystall. Säure b. 16° (rein);

δ=1,063 A=54° 47′ 0″, D=23 43 30 } μ=1,3753

Säure wäfsr. vom. Max. d. Dichte A=54 47 0, D=23 54 30 } μ=1,3781

1) Wohl 1,334? P.

Säure von $\delta=1,0728$ $A=54°\ 47'\ 0''$ $D=23\ 24\ 30$ $\Big\}\mu=1,3712$

Säure von $\delta=1,062$ $A=54\ 43\ 0$ $D=23\ 7\ 0$ $\Big\}\mu=1,3670$

Man wird bemerken 1) dafs das Maximum des Brechungsverhältnisses genau dem Dichtigkeitsmaximum entspricht; 2) dafs bei zwei Säuren von gleicher Dichtigkeit jene Verhältnisse um 0,0083, d. h. bedeutend verschieden sind.

Ich liefere diese Untersuchungen, ohne andere Folgerungen daraus zu ziehen als die, welche sich unmittelbar aus dem Vergleich der in den Tafeln enthaltenen Zahlen ergeben. Ich kann indefs die Bemerkung nicht unterlassen, dafs jene singulären Punkte in dem Gesetz der Brechungsverhältnisse merkwürdigen Eigenschaften oder Zusammensetzungen der Lösungen entsprechen, so dafs künftige Untersuchungen vielleicht ein Mittel auffinden lassen werden, unter den verschiedenen Lösungen der Körper diejenigen zu charakterisiren, in denen die Elemente nach Art der Verbindungen von festen Verhältnissen mit einander verknüpft sind.

IX. *Untersuchung über die Salpetersäure; von Hrn. E. Millon.*

(*Compt. rend. T. XIV p.* 904. Ein Auszug der Abhandlung.)

Die gewöhnliche Reinigung der Salpetersäure besteht hauptsächlich darin, dafs man die Chlorwasserstoff- und Schwefelsäure von ihr abscheidet. Allein die Methoden, welche man dazu anwendet, befreien sie nicht von der salpetrigen Säure. Diese ist jedoch in der Salpetersäure vorhanden, selbst wenn sie sehr verdünnt und ganz farblos ist. Um den Einflufs dieser Beimischung zu zeigen, brau-

che ich nur zu sagen, dafs die schwächste Säure noch genug davon enthält, um Jod aus den Jodüren, Schwefel aus den Monosulfüren zu fällen, die Eisenoxydulsalze braun, und das Kaliumeisencyanür grün zu färben; während dieselbe Säure, wenn sie vollkommen rein ist, die Monosulfüre ohne Trübung zersetzt, das Jod aus seinen Verbindungen mit den Alkali-Metallen nicht abscheidet, und die Eisenoxydulsalze, so wie das Kaliumeisencyanür nicht färbt.

Ich füge noch hinzu, dafs das Indigblau, welches von der salpetrigen Säure im Zustande gewisser Verdünnung zersetzt wird, seine Farbe behält in Berührung mit sehr beträchtlichen Mengen reiner Salpetersäure, und dafs die grüne Färbung, welche die Salpetersäure gewissen Harnen mittheilt, in denen man die Anwesenheit des Farbstoffs der Galle vermuthet, alleinig von salpetriger Säure herrührt.

Die Salpetersäure mit einem Aequivalent Wasser destillirt nicht ohne Zersetzung; auch scheint sie mir nach den bisher beschriebenen Verfahrungsarten schwierig darstellbar. Sie haben mir immer nur eine sehr salpetrige Säure von veränderlichem Wassergehalt geliefert; auch war ich genöthigt zu neuen Darstellungsweisen meine Zuflucht zu nehmen. Sie ist vollkommen farblos, und färbt sich im Licht erst wenn dieses von einer Temperatur von +30° bis 40° C. begleitet ist.

Ich verwandte die gröfste Sorgfalt darauf, alle Hydrate darzustellen, welche die Destillation liefern kann, und das Bedauern, welches ich empfand, bei den mit diesem Gegenstand beschäftigt gewesenen Chemikern nur sehr wenige Angaben zu finden, hat mich veranlafst, in der Abhandlung, von der ich hier einen Auszug liefere, alle Umstände meiner Versuche bis in's Kleinste sorgfältig anzugeben. Ueberdiefs beruhen auf dieser genauen Bestimmung der Hydrate die Hauptresultate, welche ich *hier* auseinandersetzen werde.

Aufser der Säure mit 1 Aeq. Wasser ist es mir noch gelungen, die Säure mit 2, mit 4 und mit 4½ Aeq. Wasser zu erhalten. Andere mit Hülfe der Destillation darzustellen, ist mir nicht möglich gewesen.

Die Constitution dieser Hydrate hat mich veranlafst, die Analyse einiger Nitrate vorzunehmen. Schon Graham hat die Zusammensetzung der Nitrate des Zinks, der Bittererde, des Kupfers und Wismuths festgestellt; allein beim Zink widerspricht er sich, und seine Schlüsse scheinen ein wenig zu sehr verallgemeinert, indem er sie auf alle talkerdigen Oxyde ausdehnt.

Ich habe daher die Analyse des Zink- und des Talkerde-Nitrats wiederholt, und die des Mangan- und Kobalt-Nitrats hinzugefügt, auch noch das schon von Anderen untersuchte Nickelnitrat analysirt. Alle diese Nitrate enthalten 6 Aeq. Wasser, wie Graham es für die einen bewiesen und für die anderen vorausgesehen hat. Allein der Kalk tritt aus der Talkerde-Reihe, sowohl hinsichtlich seines Nitrats als Sulfats. Im Nitrat enthält er nur 4 Aeq. Wasser, und überdiefs besitzt er noch andere Hydrate mit geringerem Wassergehalt. Obwohl das Nitrat im Vacuo all sein Wasser leicht verliert, bildet es doch, beim Kochen mit Kalkhydrat, mehre basische Nitrate.

Die Salpetersäure scheint demnach nur wenig geeignet, Reihen nach Art der Phosphorsäure zu bilden, und sie tritt sichtlich aus der allgemeinen Formel, welche Graham anzunehmen geneigt scheint.

Die Wirkung der Salpetersäure auf chlorsaures Kali liefert ein Oxydationsagens, weit wirksamer als die, welche man bisher in Bezug auf gewisse Substanzen, wie Schwefel, Selen, so wie organische Substanzen, angewandt hat. Platinschwamm widersteht dieser Wirkung sehr gut, obwohl er dabei einer Temperatur von 125° C., der Salpetersäure und dem Chlor im Entstehungszustand ausgesetzt ist. Diese Thatsache scheint mir nicht ohne Wich-

tigkeit für die Oxydationstheorie, zu welcher ich durch die Wirkung der Salpetersäure auf die Metalle geführt bin.

Im Laufe der so eben kurz angegebenen Untersuchungen habe ich beobachtet, dafs die verdünnte, vollkommen reine Salpetersäure das *Kupfer*, so wie mehre andere Metalle, z. B. *Wismuth* und *Quecksilber*, nicht angreift. Diese Thatsache ist neu. Man wufste wohl, dafs sehr concentrirte Salpetersäure einige Metalle, z. B. Eisen und Zinn, nicht angreift, aber diese selbe Säure, verdünnt, wurde als eins der kräftigsten Mittel ihrer Oxydation angesehen; dennoch fehlte viel, und wenn man hinsichtlich der Wirkung der reinen Salpetersäure auf die Metalle eine allgemeine Regel aufstellen könnte, so wäre es die: dafs sie, mit Ausnahme der Alkali-Metalle kein einziges angreift.

Man begreift, dafs dieser Satz eine Entwicklung erfordert. Ich beginne mit den Thatsachen, die ich beim *Kupfer* zu beobachten Gelegenheit fand.

Eine Säure von 1,070 Dichte greift bei +20° C. das Kupfer nicht an. Concentrirter greift sie dasselbe mit Heftigkeit an. Leitet man aber einen Strom von Stickstoffoxyd auf das Kupfer in der Säure, welche dasselbe nicht angreift, oder besser noch, schüttet man einige Tropfen einer concentrirten Lösung von salpetrigsaurem Kali hinzu, so beginnt der Angriff des Kupfers, und so wie er begonnen hat, hält er Stunden lang an, sobald nur Metall und Säure in hinlänglicher Menge da sind. Verlangsamt sich die Wirkung oder hält sie gänzlich ein, was nach einigen Stunden geschieht, so kann man sie durch einen neuen Zusatz vom salpetrigsauren Salz wieder anfachen, und, je nach dem man eine mehr oder weniger grofse Menge dieses Salzes hinzufügt, kann man eine mehr oder weniger reichliche Gasentwicklung erhalten.

Ich untersuchte, ob ein durch die Säure gehender Gasstrom dieselbe Reaction hervorrufen würde, und wandte

zu dem Ende Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlensäure und Stickstoffoxydul an; allein vergebens. Ich zersetzte, innerhalb der Säure selbst, kohlensauren Kalk, Chlorkalk und Schwefelkalium; allein die Kohlensäure, das Chlor und der Schwefelwasserstoff entwichen, ohne eine Reaction hervorzurufen.

Wenn diese Reaction einzig vom Stickstoffoxyd herrührte, so müfste dieselbe, bei plötzlicher Entfernung des Gases, auch aufhören, und in der That geschah das auch auf Zusatz von schwefelsaurem Eisenoxydul. Die in voller Thätigkeit begriffene Gasentwicklung stockte augenblicklich.

Da ich bemerkt hatte, dafs eine ziemlich schwache Temperatur-Erhöhung die Oxydation des Kupfers selbst in der reinen Säure von 1,070 bedingte, so glaubte ich, die bei der Zersetzung des salpetrigsauren Kalis entwikkelte Wärme möge der Ausgangspunkt der Reaction seyn. Ich brachte demnach Metall und Säure, als die Oxydation lebhaft eingeleitet war, in ein Gemisch von Eis und Kochsalz; wirklich hielt die Gasentwicklung ein als die Säure zu gefrieren begann, und als ich die Glasröhre, welche zu dem Versuche diente, aus der Kältemischung nahm und langsam die umgebende Temperatur (+20° C.) annehmen liefs, fing die Oxydation bald wieder an, so dafs ich mit demselben Metall und derselben Säure, durch successive Gefrierungen, den Gang dieser sonderbaren Erscheinung mehrmals unterbrechen und wieder herstellen konnte.

Diese Unterbrechung der Gasentwicklung durch Anwendung von Kälte isolirte die Wirkung des Stickstoffoxyds vollständig von jedem Einflufs der Wärme. Nichts destoweniger wunderte es mich, die reine und verdünnte Salpetersäure zersetzt zu sehen durch Kupfer bei einer Temperatur, die zur Zersetzung der Säure nicht hoch genug war, und um sie zu concentriren nicht lang genug anhielt. Ich versuchte nun den Einflufs der Tem-

in den Säuren mit 1 und mit 2 Aeq. Wasser; in einer schwächeren Säure, mit 4 oder $4\frac{1}{2}$ Aeq., wird es äufserst heftig angegriffen, und in der bis 1,108 Dichte verdünnten Säure hält es sich wiederum. Es bedarf der Beihülfe von Wärme oder Stickstoffoxyd, damit die Wirkung beginne; und einmal eingeleitet, erleidet sie abseiten des schwefelsauren Eisenoxyduls und der Kältemischung dieselben Einflüsse wie das Kupfer. Das Zinn weicht nur wenig vom Wismuth ab.

Das *Zink* besitzt einen eigenthümlichen Gang. Die Säuren mit 1 und mit 2 Aeq. Wasser greifen es nicht an innerhalb einer Kältemischung, deren Temperatur genau —18° C. seyn mufs, wenn sie nicht niedriger ist. Das Metall bekleidet sich mit einer weifsen, schwach gelblichen Schicht, die es vor weiterer Einwirkung schützt, so lange es in dem Kältegemisch ist, die aber bei Erhöhung der Temperatur ohne Zweifel löslich wird; denn so wie man die Röhre aus der Kältemischung nimmt, beginnt die Wirkung mit Heftigkeit und alles Metall wird gelöst.

In den Säuren mit 4, mit $4\frac{1}{2}$ und selbst mit noch mehr Aeq. Wasser wird das Zink noch nahe bei 0° mit ungemeiner Lebhaftigkeit gelöst; bei noch niederer Temperatur behält es aber in denselben Säuren seinen Metallglanz. Läfst man es langsam die umgebende Temperatur wieder annehmen, so tritt die Wirkung mit aller ihrer Heftigkeit wieder hervor.

Die verdünnteren Säuren endlich greifen alle das Zink an, selbst in niedriger Temperatur. Man sieht, dafs diese Operationen in ihren Phasen fast immer die umgekehrten von denen des Zinns und Wismuths sind.

Erst nachdem ich alle so eben beschriebenen Reactionen sorgfältig studirt hatte, wagte ich mich an die des *Eisens* zu machen. Ich fand sie mit so viel kleinlichen und seltsamen Umständen beschrieben, dafs ich sie sehr oft wiederholte, ehe ich ganz an die Einfachheit

heit, welche ich entdeckte, glauben konnte. Ich brauche wohl nicht zu sagen, dafs ich mich in dem Bereich der untersuchten Erscheinungen hielt, und die Contact-Effecte und elektrischen Phänomene ganz bei Seite liefs; ich konnte sogar die hauptsächlichsten, welche für das Eisen angegeben sind, niemals erhalten, was indefs ohne Zweifel von meiner grofsen Unerfahrenheit in dieser Art von Untersuchungen herrührt.

Kleine sehr gut polirte Eisenkugeln, in die Salpetersäure mit 1 und 2 Aeq. Wasser gebracht, bekleiden sich mit einer bald schwarzen, bald blauen, bald gelblichblauen Schicht, während einige Gasblasen entstehen, die sich lösen. Diese Farbentöne erinnern ganz an das Anlaufen. Das so bekleidete Eisen wird von keiner schwächeren oder stärkeren Säure angegriffen, sobald man wenigstens nicht die Temperatur erhöht. Die auf demselben sitzende Schicht besitzt nahezu die Eigenschaften des Eisenoxyduls, welches ich in der That unangreifbar von allen Salpetersäuren fand, es mochte dargestellt seyn durch Verbrennung von Eisen in Sauerstoff oder mittelst des Durchgangs eines starken Volta'schen Stroms durch Klavierdrähte, oder indem die angewandten Eisenkügelchen einfach angelassen wurden.

Im ersten Fall herrscht eine Analogie mit dem Zink, das sich in der concentrirten Säure nur vermöge der erwähnten gelblichen Schicht erhält, sich aber sogleich in der Säure löst, wie wenig man auch deren Temperatur erhöht oder deren Wassergehalt vergröfsert.

Die Säuren mit 4, $4\frac{1}{2}$ und selbst noch etwas mehr Aeq. Wasser lassen dem Eisen seinen ganzen Metallglanz, greifen es aber energisch an, so wie man sie erwärmt. Auch in diesem zweiten Fall hat das Eisen eine vollkommene Analogie mit dem Zink.

Endlich nahm ich eine sehr verdünnte Säure, oder vielmehr gofs Wasser zu der Säure, in welcher das Eisen seinen Metallglanz behielt. Sogleich sah ich die Wir-

kung beginnen, doch ohne Heftigkeit, und es bildete sich das zuerst von Hrn. Thénard beschriebene grüne Nitrat. Man sieht also, dafs in allen Fällen zwischen dem Eisen und Zink Analogie besteht, blofs mit einem Temperatur-Unterschied, der beständig in Leichtigkeit der Oxydation dem Zinks den Vorzug giebt.

Antimon und *Arsen* unterscheiden sich von allen Metallen, die ich untersuchte.

Das *Arsen* wird in der gewöhnlichen Temperatur (+20° C.) von keiner Säure, weder der reinen noch der salpetrigen, angegriffen, welche Concentration sie auch habe.

Das *Antimon* wird nur von den concentrirtesten Säuren angegriffen, noch dazu schwach und ohne Gasentwicklung.

Nicht mehr greift diese Metalle ein Gemenge von Salpetersäure und Chlorwasserstoffsäure an, so lange nicht diese Säuren auf einander einwirken, was, wenn sie rein sind, eine Concentration derselben oder Anwendung von Wärme erfordert. Legt man dagegen Antimon oder Arsenik in ein sehr verdünntes Gemenge dieser beiden Säuren und setzt einige Tropfen salpetrigsauren Kalis hinzu, so beginnt die Reaction sogleich wie beim Kupfer und Wismuth.

Das Gemenge von Salpeter- und Chlorwasserstoffsäure bleibt also ohne Wirkung, so lange es nicht so concentrirt oder so erwärmt ist, dafs es Königswasser liefert. Es ist unnütz einen Strom von Chlorgas hineinzuleiten; es bedarf des Zusatzes eines salpetrigsauren Salzes oder vielmehr der Bildung von Königswasser, d. h. noch der Gegenwart von salpetriger Säure. Die Chlorwasserstoffsäure liefert zugleich ein Lösemittel und ein Zersetzungsagens, um zur Bildung von salpetriger Säure zu gelangen.

Mit dem *Platin* verhält es sich wie mit dem Antimon und Arsen; es bedarf aber, um angegriffen zu werden, einer höheren Temperatur. Indefs selbst bei

gewöhnlicher Temperatur der Atmosphäre und in einem zur Bildung von Königswasser nicht hinlänglich concentrirten Gemenge von Salpeter- und Chlorwasserstoffsäure wird das Platin, unter Einflufs von salpetrigsaurem Kali, genugsam angegriffen, um sich aufzulösen und reichlich Krystalle von Kalium-Platin-Chlorid an die Wände des Glases abzusetzen. Diese Reaction erfordert indefs zwei bis drei Tage und mehre successive Zusätze von salpetrigsaurem Kali.

Ich füge noch zwei Thatsachen hinzu, die, wie mir scheint, diese Theorie des Königswassers vollends erläutern.

1) Platinschwamm vier und zwanzig Stunden in Contact gelassen mit Wasserstoff-Bichlorid, welches unaufhörlich Chlor liefert, und Chlorwasserstoffsäure, verlor nur 1 Milligramm an Gewicht.

2) Platinschwamm, berührt von Chlor im Entstehungszustand und Salpetersäure, bei einer Temperatur von +125° C., — Bedingungen, welche die Einwirkung der Salpetersäure auf chlorsaures Kali verwirklicht — oxydirt und löst sich nicht, verliert nicht ein Milligramm an Gewicht.

Kurz, Salpeter- und Chlorwasserstoffsäure vereinigt, Salpetersäure und Chlor vereinigt, Chlorwasserstoffsäure und Chlor vereinigt, greifen das Platin nicht an; kommt aber Stickstoffoxyd hinzu, in Gegenwart eines Lösemittels und bei hinreichender Temperatur, so wird das Platin angegriffen. Dieselben Principien, dieselben Einflüsse gelten für die Lösung des Platins, Arseniks, Antimons und anderer Metalle. Was für ein Product entspringt aber aus der Wirkung des Stickstoffoxyds auf die Salpetersäure? Denn man sieht, dafs hier der letzte Punkt des Problems liegt. Ein recht einfacher Versuch löst die Aufgabe.

Leitet man Stickstoffoxyd in Salpetersäure und bringt darauf die Flüssigkeit in eine Kältemischung, so kann man sie durch ein Alkali oder dessen Carbonat sättigen,

ohne dafs sich eine Spur von Stickstoffoxyd entwickelt; es bildet sich salpetrigsaures Salz. Das Stickstoffoxyd bildet also mit Salpetersäure eine Verbindung und keine Lösung. Diese salpetrige Säure ist es, welche, bei verschiedener Temperatur und unter den zur Löslichkeit geeigneten Umständen, die Oxydation der Metalle bewirkt. Man begreift sonach, dafs das Platin zugleich mit dem Silber angegriffen wird, wenn man eine Legirung beider mit Salpetersäure behandelt. Was den allgemeinen Gang der beschriebenen Oxydationen betrifft, so erklärt er sich ohne Mühe. Die salpetrige Säure bildet mit Kupfer, Quecksilber und Silber salpetrigsaure Salze, die, in dem Maafse, wie sie sich bilden, von der Salpetersäure zerstört werden. Diese Zerstörung giebt Anlafs zur Entstehung von Stickstoffoxyd, welches, wiederum Salpetersäure vorfindend, abermals salpetrige Säure bildet; daraus entspringt ein neuer Angriff und eine neue Zerstörung. Diese auf dem ersten Blick so sonderbaren Fortpflanzungsphänomene kommen also auf den ganz einfachen Fall zurück, wo eine aus Stickstoff und Sauerstoff bestehende Säure ihren Sauerstoff den Metallen abtritt, und sie erfordern zu ihrer Erklärung nur die gewöhnlichsten Grundsätze der chemischen Verwandtschaft.

X. *Ueber die Langsamkeit der Verdampfung in glühenden Gefäfsen; von Hrn. Person in Rouen.*

(*Compt. rend. T. XV p.* 492.)

Wenn Wasser auf eine sehr heifse Fläche geschüttet wird, so sammelt es sich bekanntlich in abgerundeten Tropfen, die nur mit auffallender Langsamkeit verdunsten, selbst wenn die Fläche glühend ist. Aus den Ver-

suchen von Klaproth scheint sogar hervorzugehen, dafs die Verdunstung desto langsamer geschieht als die Fläche heifser ist.

Man ist nicht einig über den Zustand der Flüssigkeit. Nach Rumford, Klaproth und Hrn. Laurent berührt sie die Fläche wie ein Wassertropfen auf Kienrufs ruht oder ein Quecksilbertropfen auf Glas. Nach der gewöhnlichen Meinung ist die Flüssigkeit von der Fläche geschieden; aber kein positiver Versuch hat diese Trennung bewiesen [1]). Ich habe eine Vorrichtung erdacht, mittelst welcher man zwischen der Fläche und der Flüssigkeit hindurchsehen kann. Der Zwischenraum ist ein sehr bestimmbarer Bruch vom Millimeter. Man gewahrt, dafs er zu- oder abnimmt, je nachdem die Temperatur der Fläche höher oder niedriger ist.

Es fragt sich nun: welche Kraft hält sonach die Flüssigkeit? Es kann nicht die Abstofsungskraft der Wärme seyn, wie einige Physiker glauben; denn die Molecularkräfte wirken nicht in merkliche Fernen. Insgemein glaubt man, es sey die Kraft des Dampfs; eine Meinung, die dadurch bestätigt wird, dafs die Erscheinung bei desto niedrigeren Temperaturen stattfindet, je flüchtiger die Flüssigkeit ist. In gewissen Fällen wird hier aber noch eine andere Kraft in's Spiel gesetzt. So z. B. findet die Erscheinung mit Wasser von 84° C. statt auf einer Fläche, die selber nicht 100° C. hat. Offenbar ist aber in diesem Fall die Kraft des Dampfs nicht fähig die Flüssigkeit zu tragen; diese wird alsdann von einem Gemenge von Luft und Dampf getragen. Die Vorgänge im Vacuo bestätigen diese, an sich schon einleuchtende Erklärung. Sobald die Flüssigkeit getrennt ist von der

1) Vielleicht kann man den von mir beschriebenen Versuch, gemäfs welchem unter den genannten Umständen keine Elektricitätsleitung zwischen Metall und Flüssigkeit stattfindet, als einen positiven Beweis der Art ansehen. S. Annal. Bd. LII S. 539. *P.*

Fläche, ist der Uebergang zu abgerundeten Tropfen eine ganz einfache Folge ihrer Anziehung auf sich selbst.

Die Temperatur der Flüssigkeit variirt mit der der Fläche. Wirft man ein Stückchen bei 95° C. schmelzbarer Legirung in den Wassertropfen, so hat man es in seiner Macht es zu schmelzen oder nicht, je nachdem man die Schale mehr oder weniger erhitzt. Mit sehr kleinen Thermometern fand ich 84° C. für die untere, und 100° C. für die obere Gränze. Auf einer fast ganz bedeckten Schale gelangt das Wasser auf 100° C., wenn die Oberfläche fast 360° C. hat.

Die Relation zwischen der Temperatur des Wassers und der, der fast mit Flüssigkeit bedeckten Oberfläche ist:

$$\tau = t + [0{,}0225(t+75)]^4.$$

Wenn nur sehr wenig Wasser vorhanden ist, kann man dessen Temperatur aus der Zeit der Verdampfung ableiten. Man hat:

$$t = 469{,}6\sqrt[6]{\frac{R}{\tau}} - 75.$$

R ist der Radius des Tropfens in Centimetern, τ die Zeit der Verdampfung in Secunden; hat man $\tau < 377\,R$, so ist die Temperatur wenigstens 100°.

Ist das Wasser unter 100° C. und die Fläche sehr heifs, so begreift man, dafs der Dampf unter der Flüssigkeit eine Kraft von einer Atmosphäre annehmen könne. Ist z. B. das Wasser auf 95°,5 C. und die Fläche ungefähr auf 320° C., so würde diefs hinreichen, dem Dampf eine Kraft von $1\frac{1}{3}$ Atmosphäre zu geben, sobald er sich nicht ausdehnen kann. Daraus folgt, dafs er unter der Flüssigkeit wohl eine Kraft von 1 Atmosphäre annehmen kann. Wenn aber das Wasser 90° C. hat, ist die Fläche beinahe in der Temperatur, auf welche der Dampf gebracht werden müfste, damit er, wäre er eingeschlossen, eine Kraft von einer Atmosphäre annehmen könnte.

Da er nicht genau unter der Flüssigkeit ist, so folgt, dafs bei dieser Temperatur die Dazwischenkunft der Luft durchaus nothwendig ist.

Allgemein glaubt man, dafs bei den Versuchen, die uns beschäftigen, das Wasser nicht sieden könne; allein das ist ein Irrthum. Ich habe sowohl in kleinen Tiegeln über der Weingeistlampe, als in grofsen in einer Esse das Sieden hervorgebracht, und diefs Sieden läfst sich nicht verwechseln mit dem, welches man bei Berührung erlangt. Aufser dem ganz anderen Ansehen der Flüssigkeit ist die Zeit der Verdampfung nicht dieselbe. Für 4 Grammen z. B. findet man 75 Secunden ohne Contact und 15 Secunden mit demselben. Um das Sieden hervorzubringen bedarf es einer desto höheren Temperatur, je kleiner die Tropfen sind; und ein Grund davon liegt sichtlich in der Anziehung der Flüssigkeit auf sich selbst, denn aus der Convexität der Oberfläche erfolgt ein desto gröfserer Druck als der Krümmungshalbmesser kleiner ist.

Um die Langsamkeit der Verdampfung zu erklären, setzte Rumford voraus, dafs ein grofser Theil der einfallenden Wärme reflectirt werde; allein nach den Versuchen von Melloni hält die Reflexion nur etwa 0,04 von der einfallenden Wärme zurück. Nach Hrn. Pouillet könnte es geschehen, dafs ein Theil der einfallenden Wärme durch die Flüssigkeit ginge, ohne sie zu erwärmen. Hr. Pouillet stellt übrigens diese Meinung nur als zweifelhaft auf, hinzufügend, dafs der Gegenstand neue Versuche erfordere. Hr. Péclet giebt sie als sicher, und versucht damit sogar die Versuche von Klaproth zu erklären, bei denen in einem erkaltenden Gefäfse die letzten Tropfen weniger lange verweilen als die ersten; aus Hrn. Melloni's Versuchen geht aber hervor, dafs ein Tropfen Wasser von 2 Millim. kaum 0,06 der von einem glühenden Metalle ausstrahlenden Wärme durchläfst; für gröfsere Tropfen ist der Wärmedurchgang fast

Null. Wenn man also zu Messungen übergeht, zeigt sich, dafs die aus der Transmission der Wärme gezogene Erklärung ganz unzulänglich ist. Was die Versuche von Klaproth betrifft, so sagen wir hier blofs, dafs alle Tropfen, vielleicht mit Ausnahme des ersten, zuletzt das Metall berührten; der erkaltete Theil des Gefäfses konnte sich genugsam wieder erwärmen, damit der folgende Tropfen nicht unmittelbar berührte; allein der Contact stellte sich natürlich schneller ein bei den letzten als bei den ersten Tropfen. Wenn kein Contact stattfindet, verweilen die Tropfen immer desto länger als die Fläche weniger heifs ist.

Wir bemerken hier, dafs die Verdampfung bei dem in Rede stehenden Phänomen nicht so langsam ist als man gemeiniglich glaubt; man kann sogar sagen, dafs es keinen Dampfkessel gebe, in welchem sie so rasch sey. Denkt man sich einen kleinen kubischen Tiegel von 1 Centimeter Seite und beständig gefüllt, so verdampft in der Minute ungefähr 1 Gramm Wasser, vorausgesetzt, die Verdampfung geschehe wie im besten Dampfkessel. In demselben Gefäfse wird man ohne Contact leicht eine doppelte Menge verdampfen, wenn man dahin gelangt, die Wände z. B. auf 1000° C. zu halten.

Die Physiker, welche sich mit der Verdampfung der Flüssigkeiten auf nicht von ihnen benäfst werdenden Flächen beschäftigt haben, sprechen nur von der strahlenden Wärme. Allein die elastischen Flüssigkeiten geben 80 Mal mehr Wärme als die Strahlung bei etwa 200° C.; der Vorsprung bleibt auch jenseits der Rothgluth; erst gegen 900° C. stellt sich Gleichheit ein. Folgende zwei Versuche beweisen, dafs die strahlende Wärme nur eine secundäre Rolle spielt.

1) In einer blanken und einer mit Kienrufs überzogenen Silberschale geschieht die Verdampfung bei 3 oder 400° C. nahe in gleicher Zeit, obwohl die strahlende Wärme in dem einen Fall fünf bis sechs Mal gröfser ist als in dem andern.

2) In einem tiefen Tiegel und in einer fast ebenen Schale, beide zur Rothgluth gebracht, die ich auf nicht höher als 7 bis 800° C. setze, geschieht die Verdampfung fast in derselben Zeit, obwohl die strahlende Wärme in dem Tiegel fast doppelt so grofs ist als in der Schale.

Ohne einen neuen Versuch zu machen, läfst sich die Wärme bestimmen, welche die Flüssigkeit in einem verschlossenen und auf einer festen Temperatur gehaltenen Tiegel durch Strahlung empfängt. Da nämlich die Flüssigkeit die Wände nicht berührt und isolirt in der Mitte einer Hülle sich befindet, so sind die von Dulong und Petit entdeckten Gesetze anwendbar.

Die empfangene Wärme ist genau die, welche eine Oberfläche gleich der der Flüssigkeit ausgeben kann; sie hängt nicht von den Dimensionen des Tiegels ab. Nimmt man den Tropfen als sphärisch und alle Wärme als zur Verdampfung verwandt, so giebt eine sehr einfache Integration:

$$\tau = \frac{6kr}{c}.$$

τ ist die Zeit der Verdampfung in Secunden; k ist die Wärme zur Verdampfung von 1 Grm. Flüssigkeit; 543 Einheiten für Wasser, nach Dulong, 208 für Alkohol, 91 für Aether, nach Despretz; r ist der Radius des Tropfens in Millimetern; c ist die von 1 Quadratcentimeter in der Minute unter den stattfindenden Umständen ausgegebene Wärme. Dulong und Petit's Versuche mit einem versilberten Thermometer, das 1500 Grm. Quecksilber enthielt, geben $c = 0{,}1785\, a^t (a^\vartheta - 1)$, wo t die Temperatur der Flüssigkeit und $t + \vartheta$ die der Hülle ist.

Experimentirt man mit Tiegeln, die in einer festen Temperatur gehalten werden, und mit so kleinen Mengen Flüssigkeit, dafs diese Temperatur nicht geändert wird, so findet man, wie die Formel angiebt, dafs die Verdampfungszeit proportional ist dem Radius des Tropfens oder der *Kubikwurzel* aus dem Gewicht der Flüs-

sigkeit; sie ist auch propotional der Verdampfungswärme der verschiedenen Flüssigkeiten. Aus derselben Pipette gegeben, dauert demnach ein Tropfen Alkohol nur ⅔ so lange als ein Tropfen Wasser, und ein Tropfen Aether nur halb so lange als ein Tropfen Alkohol. Schreitet man indeſs zu einer Prüfung, d. h. miſst man die Zeit der Verdampfung eines gegebenen Gewichts Flüssigkeit in einem auf bekannte Temperatur gehaltenen Tiegel, so findet man die von der Erfahrung gelieferte Zeit immer viel kürzer als sie nach der Formel seyn sollte. In niedrigen Temperaturen ist der Unterschied ungeheuer; und noch bei 800° C. geht er vom Einfachen auf's Doppelte, so daſs jetzt die Schwierigkeit darin besteht, nicht die Langsamkeit, sondern die Schnelligkeit der Verdampfung zu erklären. Durch Abänderung des Coëfficienten 0,1785, der hier das Strahlungsvermögen miſst, gelangt man nicht zu einem guten Resultat, und man wird daher zu der Annahme geführt, daſs die Flüssigkeit noch andere als strahlende Wärme empfange.

Man sieht nicht sogleich, wie die elastischen Flüssigkeiten hier Wärme geben können, denn die von den Wänden erhitzte Luft oder der von denselben erhitzte Dampf kann kaum die Flüssigkeit berühren. Allein es ist nicht einmal nöthig, daſs eine elastische Flüssigkeit mit einer Fläche in Berührung komme, um ihr Wärme zu ertheilen. Stellt man eine Weingeistlampe unter eine kalte Schale, so sieht man unter der ganzen Schale einen dunklen Zwischenraum von 3 bis 4 Millimetern; die Wärme, welche die Theilchen zum Glühen bringt, gelangt also zur Schale auf andere Weise als durch Berührung [1]). Der dunkle Zwischenraum nimmt ab in dem Maaſse als die Temperatur der Fläche steigt.

Es sey c' die Wärme, welche die elastischen Flüs-

1) Das scheint indeſs sehr zweifelhaft; denn der dunkle oder vielmehr nichtleuchtende Zwischenraum ist doch mit Kohlensäure und Wasserdampf im erhitzten Zustande erfüllt. *P.*

sigkeiten durchschnittlich in einer Minute unter den Umständen des Versuchs einem Quadratcentimeter geben. Setzt man:

$$\tau = \frac{6kr}{c + c'}$$

so kann man c' bestimmen. Dieses Maafs in gewissen Fällen annehmend, habe ich gefunden, dafs c' von der Form $n\vartheta^b$ war, worin n eine Constante $=0{,}507$ und b auch eine Constante $=0{,}92$, und ϑ der Unterschied zwischen der Temperatur der Fläche und der der Flüssigkeit.

n und b wurden an einem Wassertropfen von 12 Milligrammen bestimmt, allein diese Gröfsen sind für andere Mengen und andere Flüssigkeiten beinahe dieselben, weil zuvor der Versuch gegeben hat:

$$\tau : \tau' :: r : r' \quad \text{und} \quad \tau : \tau' :: k : k'.$$

Die vollständige Formel ist:

$$\tau = \frac{kr}{0{,}0297\, a^t (a^\vartheta - 1) + 0{,}084\, \vartheta^{0{,}92}}.$$

Hat man z. B. einen Wassertropfen von 12 Milligrammen, so zeigt die Formel, dafs er 97″, 70″, 32″, 16″ zur Verdampfung gebraucht, sobald der Tiegel von 200°, 300°, 500° und 800° C. ist; und wirklich ergiebt sich diefs Resultat mit solcher Annäherung, dafs man natürlich auf die Idee kommt, diefs Verfahren zur Messung hoher Temperaturen anzuwenden. Und da diese Formel sich auch für andere Flüssigkeiten als Wasser bestätigt, so könnte man auf diese Weise die Verdampfungswärme vieler neu entdeckter Flüssigkeiten messen, die man oft nur in sehr geringen Mengen besitzt.

Durch die Methode der Mengungen maafs man die Temperatur der Gefäfse, in welcher die Verdampfung geschah. Es ist zu bemerken, dafs der von der Verdampfung herrührende Wärmeverlust sehr gering ist, besonders in hohen Temperaturen, weil das Gefäfs in die Flüssigkeit kommt ohne sie zu berühren.

Die Temperaturen wurden auf das Luftthermometer bezogen, mittelst einer Tafel, welche die specifische Wärme des Silbers bis zu dessen Schmelzpunkt giebt.

Man thut wohl zu bemerken, daſs in mehren Lehrbüchern der Physik eine Methode zur Elimination einer unbekannten specifischen Wärme angegeben wird, die aber unrichtig ist. Man kann allgemein beweisen, daſs diese Methode genau dieselben Resultate liefert, wie wenn man die specifische Wärme constant setzte.

XI. *Ueber die Identität der verschiedenen leuchtenden, wärmenden und chemisch wirkenden Strahlen; von Hrn. Melloni.*

(*Compt. rend. T. XV p.* 454. — Vergl. Annal. Bd. LVI S. 574.)

Dieſs ist der Titel einer Abhandlung, die Hr. Melloni am 2. Febr. d. J. in der K. Academie der Wissenschaften zu Neapel gelesen und vor Kurzem in einem Exemplar an die (Pariser) Academie übersandt hat. Der Verf. erklärt sich darin für einen entschiedenen Anhänger der Undulationstheorie; nach ihm ist die *Emissionstheorie nicht mehr haltbar.* Folgendes sind die Schlüsse seiner Arbeit.

Licht, Wärme und chemische Wirkungen sind die Aeuſserungen der Aether-Undulationen, welche die Sonnenstrahlung ausmachen. Die dunklen, mit chemischer oder thermischer Wirkung begabten Undulationen sind den leuchtenden vollkommen ähnlich; sie weichen nur in Länge von ihnen ab. Dieses unterscheidende Kennzeichen gehört aber nur der *Species*, nicht dem *Genus* an; und zwischen einem dunklen, chemischen oder thermischen Strahl und einem leuchtenden findet eine eben so groſse Verschiedenartigkeit statt als zwischen zwei

leuchtenden Strahlen von verschiedener Farbe. Zwar unterscheiden sich die leuchtenden Strahlen von allen übrigen durch ihre Sichtbarkeit; allein diese Eigenschaft entspringt aus einer wahrhaft *zufälligen Qualität*, und hat keine Wichtigkeit in Bezug auf die Strahlung an sich betrachtet. Um sich davon zu überzeugen, braucht man nur zu erwägen, dafs die die optischen Phänomene erzeugende Eigenschaft des Erhellens und Beleuchtens dieser Reihe von Undulationen bei allen belebten Wesen mit der Zerstörung des Gesichtsorgans vollständig verschwinden würde, ohne dafs daraus die gegenseitigen Beziehungen der Elementarstrahlen oder das Verhalten dieser Strahlen zu der übrigen Natur die geringste Aenderung erleiden würde. Alsdann würden die Lichtstrahlen sich nicht mehr von einander, von den chemischen und den thermischen, jenseits der beiden Enden des Spectrums liegenden Elementen unterscheiden, als durch Unterschiede in der Diffusion, Transmission, Refraction und Absorption, Unterschiede, welche die wahrhaften analytischen Charaktere der elementaren Radiationen ausmachen.

Die Eigenschaft des Wärmens wurde bisher nur den farbigen und den dunklen, jenseits des Roth liegenden Strahlen beigelegt; den chemischen, oberhalb des Violett liegenden Strahlen sprach man sie ab. Wir haben sie auch für die letzteren Strahlen nachgewiesen; sie findet sich daselbst zwar nur in schwachem, aber unzweifelhaftem Grade. Es giebt überdiefs zwischen den dunklen chemischen Strahlen und dem leuchtenden Raum keinen plötzlichen Temperatur-Uebergaug, sondern eine allmälige Abstufung wie in dem Rest des Spectrums. Auch in dem Sonnenlicht, welches von den vollständig adiathermisch scheinenden Systemen von Körpern durchgelassen wird, haben wir einige Spuren von Wärme gefunden. In einer neuen Reihe von Versuchen haben wir endlich die wahrhafte Ursache der Erscheinung entdeckt, dafs das Temperatur-Maximum successiv in dem Roth, Orange

und Gelb zu finden ist, sobald man Prismen von Kronglas, Alkohol, Wasser und andern farblosen thermochroïschen Mitteln anwendet, oder sobald man das normale Wärmespectrum durch eine mehr oder weniger dicke Schicht einer solchen Materie leitet. Die Erscheinung entspringt ohne Zweifel aus der Vermengung einer gewissen Zahl dunkler Wärmestrahlen mit den unteren Farben des Spectrums, Strahlen, die durch die verschiedentliche Thermochrose der Substanz des Prismas oder der dazwischengesetzten Schicht mehr oder weniger absorbirt werden. Wenn die rothen, orangenen, gelben Strahlen völlig rein oder vollkommen von diesen heterogenen Strahlen getrennt sind, *so bewirkt ihr Durchgang durch farblose und thermochroïsche Mittel keine Veränderung mehr in der Vertheilung der prismatischen Wärme*, *sondern diese nimmt vom Gelb zum Roth beständig zu.*

Der so furchtbare Einwand, dafs das Temperatur-Maximum vom Roth zum Gelb fortrückt, während das Licht-Maximum unverändert in dieser letzten Zone des Spectrums bleibt, verliert also seine Wichtigkeit, und erklärt sich ganz natürlich aus dem früher auseinandergesetzten Princip der relativen Transparenzen.

Wir werden das Detail der Versuche über diesen Gegenstand anderswo geben, und bemerken hier blofs, dafs ihre Resultate die Identitätstheorie immer mehr befestigen, und das im Laufe dieser Abhandlung hinsichtlich des Vorwaltens der Wärme über das Licht angenommene Fundamentalprincip aufser Zweifel setzen.

Behalten wir also, dafs das Wärmevermögen eine allgemeine Eigenschaft aller durch die Lichtquellen in Schwingungen versetzten Strahlen ist. Die Eigenschaften des Leuchtens und des chemischen Wirkens gehören nur gewissen Species an, und sie zeigen zuweilen das Auffallende, zu gleicher Zeit verschiedene und selbst entgegengesetzte Wirkungen hervorzubringen auf das Instrument oder das Organ, welches bestimmt ist uns ihr Daseyn und ihre Beschaffenheiten zu offenbaren. Wenn

man sonach mit zwei empfindlichen Papieren die Vertheilung und die Intensitäten der in dem Sonnenspectrum enthaltenen chemischen Strahlen erforscht, so findet man das Maximum der Wirkung für das eine z. B. im Indigo, für das andere im Violett oder in der daran stofsenden dunklen Zone; ebenso zeigt der wenigst brechbare Lichtstrahl des Spectrums ein hervorstechendes Roth für das gewöhnliche Auge, und verschwimmt mit Blau und Grün für die Augen einiger Beobachter. Die jenseits des Violett liegenden Strahlen sind unsichtbar für die gewöhnlichen Augen und sichtbar zum Theil für gewisse Individuen.

Allein die Allgemeinheit, die Beständigkeit oder Unbeständigkeit sind nicht die einzigen Kennzeichen, welche die drei Wirkungen der strahlenden Quellen von einander unterscheiden. Die Gränzen, zwischen welchen in dem Sonnenspectrum die leuchtende Wirkung sich entfaltet, weichen von denen ab, innerhalb derer die wärmenden und chemischen Wirkungen sich erstrecken; die höchste Temperatur darin ist gänzlich getrennt von dem stärksten Lichtglanz oder der kräftigsten chemischen Wirkung.

Die Transparenz der Körper für Wärme scheint in gewissen Fällen ganz unabhängig zu seyn von ihrer Transparenz für Licht; gewisse opake Substanzen werden nämlich von der Wärme ganz frei durchstrahlt; andere dagegen fangen fast alle Wärme auf und sind durchgänglich für Licht. Weifse Körper senden zuweilen mittelst Diffusion die einfallenden Wärmestrahlen zurück und zuweilen absorbiren sie dieselbe. Klare und farblose Mittel, denselben Strahlen ausgesetzt, fangen sie auf und erwärmen sich in gewissen Fällen, während sie unter andern Umständen dieselben frei durchlassen und keine Temperaturveränderung erleiden, so dafs diese verschiedenen Substanzen, befreit von jeder Art anscheinender Färbung, sich in Bezug auf die Wärmestrahlen begabt

erweisen mit einer *auswählenden Absorptionskraft*, der ganz ähnlich, welche die Farben auf die Lichtstrahlen ausüben. Andere Körper ermangeln dieser auswählenden Fähigkeit, und wirken auf die Wärmestrahlen wie die eigentlich weifsen Substanzen auf die Lichtstrahlen. Analoge Thatsachen beweisen, dafs gewisse weifse Körper und gewisse farblose Mittel eine ähnliche, aber von der auswählenden Wärme-Absorption verschiedene Kraft für die chemischen Strahlen besitzen.

Diese Mannigfaltigkeiten hinsichtlich der Lage im Sonnenspectrum, diese Mannigfaltigkeiten in Weifse bei opaken Körpern, in Transparenz und Färbung bei diaphanen Körpern, verglichen mit der Einförmigkeit der Gesetze, welche die Bewegung und die allgemeinen Abstufungen der drei Strahlenarten beherrschen, bieten dem Verstande eine ungeheure Complication dar, die mit dem gewöhnlichen, so einfachen Gang der Natur im vollen Widerspruch steht. Nimmt man aber an, es finde zwischen den Vibrationen des Aethers und den wägbaren Theilchen Synchronismus, so wie zwischen den drei Agentien Identität statt [1]), Annahmen, die aus der dem Un-

1) Ich bitte den Leser wohl zu bedenken, dafs der Satz von der Identität des Lichts und der Wärme, so wie er von meinen Vorgängern aufgestellt ward, nur eine willkührliche, oder, besser gesagt, eine ganz vorzeitige Hypothese war. Und in der That, wie konnte man den Wärmestrahl aus siedendem Wasser oder irgend einer anderen niederen Wärmequelle mit einem Lichtstrahl vergleichen, damals als man glaubte ein solcher Wärmestrahl gehe nicht unmittelbar durch starre Körper und zerstreue sich nicht, nach Art der Lichtstrahlen, durch Strahlung ringsum von jedem Punkte matter Flächen aus? Auch war der Satz von der Identität so übel von meinen Vorgängern verstanden, dafs sie die dunklen, brechbarsten Strahlen des *Sonnenspectrums* (die *chemischen Strahlen*) verglichen mit der irdischen strahlenden Wärme, die durch Temperatur-Erhöhung anfängt sichtbar zu werden, und dafs sie die Ursache der blauen oder violetten Farbe, die bei gewissen Flammen zuerst zum Vorschein kommt, aus dieser Parallele herleiteten! (Biot, *Traité de phys. T. IV p.* 617.)

Undulationssystem zum Grunde liegenden Hypothese so natürlich hervorgehen, so fliefsen alle diese verschiedenartigen Wirkungen, diese vielen, anscheinend in keiner Beziehung stehenden Thatsachen wie durch Zauber in Eins zusammen, und bilden eine einzige Theorie, die sowohl durch die Einfachheit des Princips als durch den Reichthum der Folgerungen bewundernswürdig ist.

Die Wärme, welche in den von diesen Strahlen getroffenen Körpern entwickelt wird, besteht in der von den Aetherpulsationen den wägbaren Massen mitgetheilten Bewegungsgröfse; das Licht in den, mit einer gewissen Reihe Aetherundulationen synchronen Molecular-Oscillationen der Netzhaut und der äufseren Gegenstände; und die chemische Action in der Trennung der Atome, veranlafst durch die ungemeine Heftigkeit, mit welcher zuweilen diese selben synchronen Vibrationen der Körper vor sich gehen.

Die Aetherundulationen hören auf sichtbar zu seyn, sobald ihre Pulsationen zu rasch oder zu langsam sind, um, vermöge eines ganz der Resonanz ähnlichen Vorgangs, die Netzhaut in Schwingungen zu versetzen. Sie erzeugen dagegen das *Maximum* der Licht-Empfindung, wenn sie sich im gröfstmöglichen Accord mit der *Elasticität* der die Netzhaut constituirenden Nervenmolecule befinden.

Aus demselben Grunde sind gewisse Aetherundulationen unfähig chemische Reactionen zu erregen, während andere diese Eigenschaft im höchsten Grade besitzen.

Es folgt daraus, dafs die chemische Wirkung und das Licht mehr von der *Qualität* der Undulationen als von ihrer *Impulsionskraft* oder ihrer *Bewegungsgröfse* abhängen. Man begreift alsdann vollkommen, warum die hellste Zone und die chemisch wirksamste nicht mit der Zone höchster Temperatur zusammenfallen. Man begreift auch, warum die Wirkungen, welche d e verschiedenen

prismatischen Strahlungen auf die empfindlichen Papiere und auf das Auge gewisser Individuen hervorbringen, sich ändern mit den photogenischen Substanzen und der Elasticität der Netzhaut des Beobachters.

Die veränderlichen Effecte der Diffusion, Transmission und Absorption, welche die weifsen und die farblosen Substanzen darbieten, entspringen aus einer wahrhaften *Färbung* der Körper in Bezug auf die chemischen und die dunklen wärmenden Strahlen, einer *Färbung*, die unsichtbar ist, wie die Strahlen, die ihr angehören, weil die zerstreuten, durchgelassenen oder verschluckten Aetherundulationen genau diejenigen sind, welche wegen ihrer zu raschen oder zu langsamen Oscillationen die Gränzen der *Molecular-Elasticität* des optischen Nerven überschreiten, und deshalb daselbst keine Art von leuchtender Vibration hervorbringen können.

Papier ist weifs, weil seine Molecular-Constitution ihm die Eigenschaft ertheilt, mit gleicher Kraft zu schwingen vermöge aller sichtbaren Undulationen des Spectrums, die daher sämmtlich eine gleiche Diffusion erleiden. Wasser ist klar, weil seine Molecular-Constitution ihm erlaubt, die Gesammtheit dieser selben Elemente des Spectrums gleichförmig durchzulassen. Allein die Undulationen, die länger als die rothen sind und die Phänomene der dunklen Wärme hervorbringen, können weder vom Papier zerstreut, noch vom Wasser durchgelassen werden; mithin sind diese beiden Körper *gefärbt*. Diese *Farben*, welche wegen der Unvollkommenheit des menschlichen Auges, die ganze Reihe der Aetherundulationen wahrzunehmen, nicht zur Sichtbarkeit gelangen, lassen sich auf eine unwiderlegliche Weise mittelst der thermoskopischen Instrumente nachweisen, da sie die Gegenwart der zerstreuten oder durchgelassenen Undulation durch die Bewegung des thermoskopischen Zeigers angeben, dagegen unbeweglich bleiben, sobald die Undulation vermöge der *färbenden Kraft* ausgelöscht ist. Das-

selbe gilt von den Erscheinungen der *farbigen Weifse*, die von den dunklen jenseits des Violetts liegenden Strahlen herrühren; diese Erscheinungen werden durch die chemischen Reagenzien sichtbar.

Vorgänge derselben Art finden im Innern *opaker Mittel* statt; alsdann werden alle Lichtelemente aufgefangen durch die *diathermische Farbe* des Körpers, welche nur einer gewissen Gruppe von Aetherwellen, von längeren als die letzten rothen, freien Durchgang gestattet.

Die Erwärmung einer weifsen Substanz, die der successiven Wirkung aller Strahlenarten ausgesetzt wird, ist nicht proportional der *Impulsionskraft* der einfallenden Wellen, weil die unsichtbaren Elemente fast alle absorbirt und die übrigen stark zurückgeworfen werden; allein ein geschwärzter Körper sendet eine gleiche und ungemein kleine Portion aller Wellenarten zurück, und erlangt eine desto höhere Temperatur, als die einfallende Strahlung eine gröfsere Bewegungsquantität enthält.

Die Wärme ist demnach das einzige Agens, welches die relativen Kräfte oder Intensitäten der die Strahlung der Sonne oder irdischen Quellen zusammensetzenden Elementarstrahlen zu messen im Stande ist. Das Licht und die chemische Wirkung können nicht zu diesem Zwecke dienen, da sie nicht immer proportional der Stärke der wirkenden Ursache sind; sie repräsentiren nur die verschiedenen Effecte der gröfseren oder geringeren Leichtigkeit, mit welcher die wägbaren Theilchen der Oberflächen der Körper den Perioden der Aetherundulationen folgen.

XII. *Ueber Sauerstoffgas-Entwicklung aus dem organischen Absatz eines Soolwassers; von F. Wöhler.*

(Aus einem Briefe an Prof. Ehrenberg.)

— In einer Abhandlung über die Zusammensetzung der Salzsoolen zu Rodenberg in Hessen [1]) erwähnt Hr. Pfankuch der merkwürdigen Erscheinung, dafs die schleimige Masse, die sich dort in den Soolkästen bildet, ein Gas einschliefst, welches reines Sauerstoffgas ist. Ich habe in diesem Sommer Gelegenheit gehabt, dieses Phänomen an Ort und Stelle zu sehen, und will Ihnen meine Beobachtungen darüber mitheilen, da vielleicht in dem Gebiete Ihrer Forschungen weitere Resultate daraus gezogen werden können. — Die schleimige Masse, in der sich das Gas entwickelt, bildet sich unter der Salzsoole auf dem Boden der hölzernen Soolkästen, nämlich der offenen kastenartigen Kanäle auf der Höhe der Gradirhäuser, aus welchen man die Soole auf die Dornenwände fliefsen läfst. Diese bleibt darin, durch Pumpen hinaufgehoben, ungleich lange Zeit dem freien Zutritt der Luft und der vollen Wirkung des Sonnenscheins ausgesetzt. Sie sieht vollkommen klar aus, und enthält ungefähr 5 Proc. Salz, dabei so viel Gyps, dafs sich die Dornen allmälig mit einer dicken Krystallisation davon umgeben. Die Soole auf dem Gradirhaus, wo sich der Schleim bildet, ist bereits ein Mal gradirt. Frisch aus dem Schacht, einem 500 Fufs tiefen Bohrloch, gepumpt, enthält sie, aufser freier Kohlensäure, eine so bedeutende Menge von Schwefelwasserstoffgas, dafs sie für ein Schwefelwasser gelten könnte. In den Soolkästen jedoch, nach dem einmaligen Fall, ist sie ganz geruchlos gewor-

1) Annalen der Chemie und Pharm. XLI. S. 162.

den. Hier bildet sich nun darin in den Sommermonaten, bei anhaltend klarem und warmem Wetter, eine schleimige, durchscheinende Masse, die in grofser Ausdehnung den Boden der Soolkästen ½ bis 1 Zoll hoch bedeckt. Sie hat eine unbestimmt graulich-gelbliche Farbe und eine zähe, häutige Beschaffenheit, nicht unähnlich einer halb zergangenen thierischen Membran. Selbst nach dem Auswaschen hat sie einen, so zu sagen fisch- oder seeartigen Geruch. Ueberall ist sie mit gröfseren, oft mehrere Zoll breiten Luftblasen erfüllt, die sie so fest einschliefst, dafs sie nicht von selbst daraus entweichen können, die aber in Menge emporsteigen, sobald man vermittelst eines Stocks die Häute zerreifst. Nichts ist leichter, als diese Luft zur Untersuchung aufzusammeln, denn die Menge der Luftblasen ist so grofs, dafs man zu der Zeit, als ich dort war, in Kurzem Hunderte von Bouteillen voll hätte auffangen können. Diese Luft ist so reich an Sauerstoffgas, dafs ein hineingeführter glimmender Span sich entflammt und mit glänzendem Feuer verbrennt. Ich habe sie analysirt: sie enthielt dem Volumen nach 51 Procent Sauerstoffgas und 49 Stickgas. Ich zweifle nicht, dafs diese Luft ursprünglich reines Sauerstoffgas gewesen ist, das sich aber, wie Gas in einer thierischen Blase, allmälig mit atmosphärischer Luft auswechselte, besonders wenn der Wasserstand in den Soolkästen, wie es häufig der Fall ist, sehr niedrig war, und dadurch die schleimige Masse mit ihren Blasen mit der Luft fast in Berührung kam. Auch schien das Gas, welches ich acht Tage früher, nach vorhergegangenem sehr niedrigem Wasserstand aufgesammelt hatte, blofse atmosphärische Luft gewesen zu seyn, da ein glimmender Span sich darin nicht entflammte.

Bei der mikroskopischen Betrachtung der schleimigen, membranösen Masse, bei 230facher Vergröfserung, fand ich zu meiner Verwunderung, dafs sie fast ganz aus lebenden, sich bewegenden *Infusorien* bestand, und zwar

hauptsächlich aus den Navicula- und Galionella-Arten, welche Sie in dem Freiberger papierartigen Gebilde und in dem Kieselguhr von Franzensbad gefunden haben. Anfangs schien es mir, als ob diese Membran allein von diesen Infusorien gebildet wären; aber bei schärferer Betrachtung zeigte es sich, dafs sie mit höchst zarten, jedoch farblosen Conferventäden verwebt, gleichsam verfilzt waren. An einigen Stellen in den Soolkästen hatte der Schleim eine schwach grünliche Farbe, in diesem zeigten sich die Conferven mehr entwickelt, und man erkannte darin auch viele Oscillatorien. Nachdem ich den Schleim vierzehn Tage lang in Salzwasser aufbewahrt hatte, lebten die Infusorien noch; die meisten schienen aber, wenn ich mich nicht täuschte, eine grünliche Färbung angenommen zu haben, so wie sich auch unterdessen die Conferven deutlicher entwickelt und grün gefärbt hatten.

Um die Kieselskelette darzustellen filtrirte ich eine Portion reiner Schleimmasse ab, wusch die Salzlösung mit reinem Wasser vollständig aus und liefs sie dann trocknen. Sie bildete eine leichte, weifsliche, papierähnliche Masse, die bei der trocknen Destillation ammoniakalische, also stickstoffhaltige Producte lieferte. Beim Verbrennen an der Luft hinterliefs sie eine grofse Menge weifser Asche, aus welcher Salzsäure ziemlich viel kohlensauren Kalk auszog, der übrigens, wie ich mich durch einen Versuch überzeugte, schon in dem unveränderten Schleim enthalten und offenbar aus der Salzsoole niedergefallen war. Die nach der Behandlung mit Salzsäure übrigbleibende weifse Erde bestand, wie die mikroskopische Betrachtung zeigte, aus Kieselskeletten, die noch so unverändert und scharf die Form der Infusorien hatten, dafs man den frischen Schleim zu betrachten glaubte. Nur fehlten in ihnen jetzt die blasenartigen Punkte oder Organe, welche in den lebenden Thieren enthalten sind, und wie eingeschlossene Luftbläschen aussehen.

Woher kommt nun das Sauerstoffgas, von den Conferven oder von den Infusorien? In Betracht seiner großsen Menge und der so sehr überwiegenden Menge der Infusorien, sollte man denken von diesen; allein diefs wäre gegen alle Analogie. Oder soll man aus der Erscheinung vielleicht zu der Vermuthung geführt werden, dafs diese Organismen, welche die Hauptmasse dieser gelatinösen Membranen ausmachen und die wir für Thiere halten, in der That mit Bewegung begabte Pflanzen sind? Mufs man sie aber für Thiere halten, und ist das Sauerstoffgas ein Product der Vegetation der Conferven, so steht vielleicht die Existenz dieser zusammenlebenden, so innig verwebten Pflanzen- und Thier-Organismen in einer wechselseitigen Abhängigkeit; ich meine, vielleicht leben die Conferven unter dem Einflufs des Lichts von Kohlensäure, welche, wie man wohl vermuthen darf, von den Infusorien producirt wird.

XIII. *Zusatz zu der vorstehenden Mittheilung; von C. G. Ehrenberg.*

Ihre Mittheilungen, mein sehr verehrter Freund, über die Sauerstoffgas-Entwicklung der organischen (Priestley'schen) Materie auf der Rodenberger Saline bin ich weit entfernt, obwohl Sie es erlaubten, irgend wie in der Publicität zu beschränken; ich kann es nur als ein Glück ansehen, dafs ein solcher Chemiker sich von selbst angeregt gefühlt hat, über die so wichtige Sache nach dem jetzigen Stande der Chemie wieder zu experimentiren und zu sprechen.

In dem Buche *über die Infusionsthierchen als vollendete Organismen*, 1838, habe ich mich, S. 65, 108, 120, so wie am Ende, S. 523, auch über die Sauerstoffgas-*Entwicklung der Infusorien* ausgesprochen, und

namentlich S. 120 und 108 festzustellen gesucht, dafs das, was Priestley zu seinen, für alle Zeiten denkwürdigen, Versuchen benutzte, aber selbst nicht genau kannte, wirklich Thiere und nicht Pflanzen gewesen sind, namentlich *Chlamidomonas Pulvisculus* und *Euglena viridis*. Die von Ingenhousz gegebenen Abbildungen erlauben diesen Schlufs. Schrank behauptete zwar 1811 und 1813, dafs nur *die* Conferven, welche er *Jugales* nennt (*Coniugatae*, *Zygnemata*) das Oxygengas entwickelten, und die herrschend gewordene Idee, dafs nur Pflanzen Sauerstoffgas aushauchten, begünstigte seine Meinung. So ist es denn geschehen, dafs man immerfort, ohne genaue Untersuchung und ohne scharfen Beweis, jene Priestley'sche Haupt-Materie für pflänzlich erklärte. Die Anhänger der *Generatio spontanea* behaupteten überdiefs, ebenfalls ohne hinreichend sicheren Beweis, dafs jeder Thierbildung eine Art von Vegetation der Materie vorausgehe.

Ganz neuerlich haben nun die Herren Auguste und Charles Morren in den Brüsseler akademischen Schriften (1841) die Gasentwicklungs-Versuche, welche durch Priestley so wichtig geworden sind, wiederholt, und das Resultat ihrer Untersuchung ist: dafs aus dem Wasser sich nur unter Mitwirkung gewisser organischer Verhältnisse »Gas« entwickelt, und dafs dieses »Gas« bis 61 Procent Sauerstoffgas in seiner Mischung enthalten könne, was gegen A. v. Humboldt's und Gay-Lussac's Angaben streite, die der vom Wasser absorbirten Luft nur 32 Proc. davon zugeständen. Enthalte die gewöhnliche »Wasserluft« nur 18 bis 20 Proc. Sauerstoffgas, so können, meinen sie, die Fische darin nicht leben, und es trete das bekannte periodische allgemeine Fischsterben ein. Es heifst in dieser Abhandlung S. 29: *D'apres tout ce qui précéde on voit évidemment, que c'est au Chlamidomonas pulvisculus* d'Ehrenberg *et à quelques autres peu nombreux animalcules verts, encore moins élevés dans la série*, qu'est dû *exclusivement*

le phénomène de l'oxygénisation. Ueberdiefs wird von ihnen noch *Disceraea purpurea*, (*Gyges sanguineus* Shttl.?) als Sauerstoffgas entwickelnd, genannt, eine Form, die wohl auch der Gattung *Chlamidomonas* angehört.

Sonderbar und auffallend ist, dafs die HH. Morren ihren Aufsatz überschrieben haben: *Recherches sur les Hydrophytes de la Belgique,* während sie doch viel von den Infusorien handeln. Sollten sie dadurch die Idee geltend machen wollen, dafs die Infusorien pflänzlich wären, so fehlt es doch bei ihnen an jedem gültigen Beweise dafür, während die Aufnahme von Indigo in aller Magenzellen selbst der *Naviculae, Euglenae, Closteria* etc. samt Ortsveränderung und einziehbaren Bewegungsorganen auch bei *Surirellen* von mir scharf nachgewiesen ist. Dafs jeder rothe Punkt ein Auge sey, war mir nie eingefallen zu behaupten, und die dortige Widerlegung also nicht nöthig und nicht wissenschaftlich, so wenig als die Zurechtweisung über das blutige Wasser zu Mosis Zeit aus *Euglena sanguinea,* vor dessen Deutung die belgischen *Gelehrten* wunderbarerweise *erschrecken.*

Die Beobachtungen der HH. Morren rücksichtlich der Procente des Sauerstoffs in der »Wasserluft« scheinen mir durch Ihre Beobachtung und Darstellung erst Klarheit zu erhalten. Allerdings mag darin gar kein wichtiges Moment liegen, ob zuweilen in »Wasserluft« 50 oder 61 Procent Sauerstoffgas enthalten sind. Vielmehr mag es wohl so seyn, wie Sie es darstellen, dafs auch, wo sich reines Sauerstoffgas entwickelt, dieses mit atmosphärischer Luft sehr bald vermengt wird, und man dann mithin alle Uebergänge der Procente haben kann.

Uebrigens ist der Körper, welchen Sie beobachteten, der Probe nach, die von mir in dem gröfseren Infusorienwerke beschriebene, aber nicht abgebildete *Frustula salina* aus der Koenigsborner Soole und die kleine Alge, welche sich hie und da in der Gallerte [1]) der

1) Die gallertige Masse ist *die Hülle* (der gemeinsame Panzer) der *Frustulien.*

Frustulia mit eingenistet hat, ist *Hygrocrocis* ... eine bisher unbeschriebene, aber mir aus ähnl... deren Verhältnissen sehr bekannte überaus fe... keine *Oscillatoria*, welche der Gattung *Leptom*... steht, jedoch von mir auch sonst nur in gallertig... lagen gesehen worden ist. Waren diese allen... fällig und fremdartig, so gehörte die Form ent... zur Gattung *Leptomitus*, im Sinne, nicht von A... sondern von Biasoletto und schlösse sich an... *Leptomitus Pulegii* an. Uebrigens finden sich ... dere Bacillarien-Formen zerstreut in der Mas... sind aber offenbar hier untergeordnet und zufäll...

Möchten Sie doch sich veranlafst fühlen die... derbare, offenbar thierische, nicht pflänzliche Sau... Entwicklung durch die Ihnen gewohnten genaue... rimente noch weiter zu verfolgen. Gern werde i... in meinen Kräften steht, zur klaren Feststellung d... jecte beitragen.

XIV. *Ueber den Stand des Rheins bei Basel ... über die fortdauernde Abnahme von d... Wassermenge in den letzten 30 Jahren; ... Hrn. Rathsherrn Peter Merian in B...*

(Aus dem von der naturforschenden Gesellschaft in Basel mitge... Bericht über ihre Verhandlungen, No. IV S. 82.)

Auf Veranlassung des verstorbenen badischen W... bau-Inspectors Tulla läfst die hiesige obrigkeitliche ... behörde seit dem Monat März 1808 regelmäfsige ... achtungen über den Wasserstand des Rheins bei ... rer Rheinbrücke anstellen, welche seit jener Zeit ... Unterbrechung fortgesetzt worden sind. Der Rhei... ser ist damals schon, zur Uebereinstimmung mit de...

Pegeln an verschiedenen Punkten unterhalb Ba-
neue badische oder neue schweizer Fuſs zu 0,3
eingetheilt worden. Sein Nullpunkt ist willkühr-
doch so angenommen, daſs derselbe vom niedrig-
Wasserstande nicht erreicht wird. Die Beobachtun-
der vollständigen 30 Jahre von 1809 bis 1838 ge-
für den Rheinstand folgende monatliche Mittel:

Neue schweizer Fuſs.

Januar	4,26	Juli	9,39
Februar	4,29	August	8,50
März	5,28	September	7,41
April	5,96	October	5,82
Mai	7,64	November	5,55
Juni	8,92	December	5,16.

Winter (d. h. Dec. Jan. Febr.)	4,57
Frühling (März, April, Mai)	6,29
Sommer (Juni, Juli, Aug.)	8,94
Herbst (Sept., Oct., Nov.)	6,26
Winterwasser (1 Nov. bis 30. Apr.)	5,08
Sommerwasser (1. Mai bis 30. Oct.)	7,95
Jahresmittel	6,514.

Das Wasser hat demnach im Durchschnitt im Mo-
nuar seinen niedrigsten Stand, wächst regelmäſsig
den Monat Juli, und nimmt von da an regelmä-
ieder ab. Dieser Gang beweist, daſs der gröſsere
der Wassermasse, welche bei Basel durch den
abfliefst, von dem Schmelzen des Schnees der Hoch-
herrührt, und ist durchaus verschieden von der
er Zu- und Abnahme derjenigen Flüsse, die nicht
nneegebirgen entspringen. Die *Elbe* bei Magde-
z. B. und die *Oder* bei Küstrin stehen am höch-
n Monat März, am tiefsten im September oder
er (siehe *Tabellen bei Berghaus* Länder und Völ-

kerkunde, 2. Theil). Tiefer bei Köln und Emme nimmt der *Rhein* den gedoppelten Charakter eines H gebirgsflusses, und eines Flusses niedrigerer Gegen an. Sein Wasserstand ist am tiefsten im October, wä dann bis zum Februar oder März, nimmt wieder ab zum Mai, um im Juli wieder zu einem zweiten M mum zu gelangen.

In dem oben angegebenen 30jährigen Zeitraum der niedrigste jährliche Mittelstand des Rheines bei sel statt im Jahr 1832 4
der höchste im Jahr 1816 mit 8

Unterschied 3

Der tiefste monatliche Mittelstand im Jan. 1830 und Jan. 1833 betrug 2
Der höchste im Juli 1817 14

Unterschied 1

Das höchste bezeichnete Wasser, den 31. Dec. 1801 stand auf 21
Das niedrigste innerhalb den obigen 30 Jahren beobachtete den 4. Febr. 1830 (

2(

Berechnet man, nach den von Escher ausgemi ten Zahlen (Naturw. Anzeiger für 1821), die Was massen, welche in einzelnen Jahren durch den Rhein geflossen sind, so ergeben sich für 1832 752 Millio Kub. Ruthen (zu 1000 Schw. Kub. Fufs); für 18 1312 Millionen, oder ein Verhältnifs der Wassermas in diesen beiden Jahren von etwa 5 zu 9. Der Pe höhe von 0,9 entspricht eine tägliche Wassermasse 1,153,000 Kub. Ruthen; derjenigen von 22′ eine sol von 11,828,000; beim höchsten Stande am 31. Dec. 18 wäre folglich die Wassermenge ungefähr das Zehnfa von derjenigen beim niedrigsten Stande am 4. Febr 1830.

Wird der mittlere Rheinstand von 10 zu 10 Jal

berechnet, so ergeben sich aus den Beobachtungen des Baseler Pegels folgende Zahlen:

	von 1809 bis 1818	von 1819 bis 1828	von 1829 bis 1838	Unterschied von Col. III und I.
Winter	4,71	4,65	4,35	0,36
Frühling	6,80	6,14	5,93	0,87
Sommer	9,67	8,87	8,27	1,40
Herbst	6,31	6,22	6,24	0,07
Herbst und Winter	5,51	5,44	5,30	0,21
Frühling und Sommer	8,24	7,50	7,10	1,14
Winterwasser	5,34	5,08	4,83	0,51
Sommerwasser	8,41	7,86	7,56	0,85
Jahr	6,873	6,472	6,198	0,675

Es stellt sich demnach in den letzten 30 Jahren eine fortschreitende, ziemlich bedeutende Verminderung der Rheinhöhen dar. Auf den ersten Blick könnte man die Frage aufwerfen, ob diese Erscheinung nicht in einer allmäligen Vertiefung des Rheinbettes ihren Ursprung haben könnte, wodurch der Wasserstand am Pegel erniedrigt würde, ohne dafs damit eine eigentliche Verminderung der Wassermasse verbunden wäre. Allein abgesehen davon, dafs das Rheinbett bei Basel wenig Aenderungen unterworfen ist, und namentlich in dem verhältnifsmäfsig kurzen Zeitraum von 30 Jahren eine so beträchtliche Aushöhlung, wie erfordert würde, an sich höchst unwahrscheinlich ist, stellt sich diese Erklärungsweise schon deshalb als unstatthaft dar, weil die Erniedrigung in den verschiedenen Jahreszeiten so ungleichmäfsig ist, dafs die Unterschiede des Mittels von 1829 bis 1838 gegen das von 1809 bis 1818 im Herbst blofs 0,07, im Sommer hingegen 1,40 betragen, eine Vertiefung des Rheinbettes sich aber gleichförmig in den Wasserständen aller Jahreszeiten äufsern müfste. Es kann folglich die fortschreitende Verminderung der Mittelzah-

len nur in einer entsprechenden fortschreitenden Verminderung der Wassermasse des Rheins ihre Ursache haben. Es liefse sich die Vermuthung aufstellen, diese unzweifelhafte Abnahme der Gewässer sey nur eine vorübergehende, indem auf die regenreiche Periode von 1809 bis 1818 eine Reihe von trocknen Jahren gefolgt ist, die eine Verminderung aller Quellen hat herbeiführen müssen; in folgenden regnerischen Jahren könnte aber deren frühere Fülle wiederum eintreten. Es fände diese Vermuthung eine Stütze in dem Umstande, dafs die Verminderung hauptsächlich auf dem Sommerwasser sich äufsert, dafs, wie die monatlichen Mittel darthun, zum allergröfsten Theil aus dem Abschmelzen des Schnees der Alpen herrührt. Dennoch scheint der Verminderung der Gewässer auch eine bleibende Ursache zum Grunde zu liegen, die durch spätere regenreiche Perioden nicht wird ausgeglichen werden können. Es ist eine sehr allgemeine Klage, dafs viele Nebengewässer des Rheins, und gerade solche, die in niedrigeren Gegenden entspringen, auf eine sehr bedenkliche Weise abgenommen haben. Das scheint z. B. unzweifelhaft der Fall mit unserem *Birsig* zu seyn [1]). Die Ausrodung der Wälder, welche in den letzten 30 Jahren mächtige Fortschritte gemacht hat, ist wohl die nächste Ursache der Verminderung. Der Natur der Sache nach mufs dieser Umstand gerade in den Sommermonaten am wirksamsten sich äufsern. Auch die Abschaffung der Brach ist vielleicht von einigem Einflufs, indem gegenwärtig durch das im allgemeineren Umfange aufgelockerte Erdreich Quellen und Flüssen mehr Wasser entzogen wird als früher.

Die Abnahme der Wassermenge ist übrigens keine für den Rhein isolirt dastehende Thatsache. Sie stellt

1) Aehnliche Beispiele führt Imthurn in seiner Beschreibung des Kantons Schaffhausen von mehreren Bächen im Kanton Schaffhausen an; v. Reck von den Gewässern des Schwarzwaldes. (Leonhard und Bronn Jahrbuch, 1839, S. 220.)

sich wenigstens seit dem Jahr 1780 auf eine zum Theil noch auffallendere Weise bei den meisten deutschen Flüssen dar. Namentlich ist sie von Berghaus nachgewiesen worden durch die Beobachtungen des Wasserstandes der *Elbe*, *Oder*, *Weser*, *Weichsel*, *Memel* u. s. f. (Allg. Länder- und Völkerkunde, 2. Th.; und Annalen der Erd- und Völkerkunde, 3. Reihe, 5. Bd. S. 92 und 543.) Am allerauffallendsten scheint sie bei vielen Flüssen des inneren Rufslands eingetreten zu seyn, in Gegenden, wo auch die Abnahme der Wälder auf ganz übermäfsige Weise vorgeschritten ist. (S. obige Annalen, 1837, XVII S. 274.)

Zur Vergleichung des Wasserstandes des Rheins in älteren Perioden mit dem jetzigen fehlen uns genauere Beobachtungen; höchstens können einzelne Angaben von übermäfsigen Rheinständen einige Anhaltspunkte geben. Am oberen Rheinthor in Klein Basel sind verschiedene hohe Rheinstände angemerkt. Der älteste ist derjenige von 1641, der demjenigen vom 31. Dec. 1801 gleich kommt; alle übrigen sind tiefer. Die Chroniken sprechen von dem Rheinstande am 4. Aug. 1302, als des höchsten, »dessen in diesen Landen die Historien gedenken.« (J. Chr. Iselii, *adnotata ad Urstisii Chron. Bas. Mnscr.* der öffentl. Bibl.) »Zu Basel soll das Wasser an niedrigen Orten so tief in denen Ställen gewesen seyn, dafs es den Pferden bis an den Rucken gegangen.« In den Ställen der Wirthshäuser zur Krone und zum Kopf, die im Jahr 1302 wahrscheinlich die gleiche Lage gehabt haben wie jetzt, wäre dasselbe wohl auch im Jahr 1801 eingetreten. Die höchsten Wasserstände von 1302, 1641 und 1801 scheinen folglich ziemlich dasselbe Niveau erreicht zu haben.

XV. *Bestätigungen der Moser'schen Entdeckungen.*

Hr. Breguet, des berühmten Uhrmachers Sohn, der seine ungewöhnliche Geschicklichkeit erst kürzlich durch einen für Hrn. Arago verfertigten Apparat, welcher einen Spiegel 2000 Mal in der Secunde umdreht, bekundet hat, theilt der Pariser Academie Folgendes mit.

Wie bekannt, schliefst das Gehäuse der neueren Uhren noch eine Kapsel (*cuvette*) ein, auf welche der Name des Fabrikanten gestochen ist. Der Zwischenraum zwischen dieser Kapsel und dem Gehäuse beträgt höchstens ein Zehntel-Millimeter. Nun habe ich oft auf der Innenseite des Gehäuses das umgekehrte und sehr deutliche Bild des in die Kapsel eingegrabenen Namens erblickt. Eben so habe ich in Maschinen, wo Theile einander sehr nahe stehen, beobachtet, dafs die einen mehr oder weniger kenntliche Abbildungen von Zeichen der anderen darboten. Ich hatte diese Thatsachen sehr sonderbar gefunden, und sie auch einigen Personen mitgetheilt; da ich aber nicht Zeit hatte, sie im Detail zu studiren, so enthielt ich mich bisher derselben zu erwähnen. (*Compt. rend. XV. p.* 450.)

Eine analoge Thatsache ist hier vor längerer Zeit vom Mechanikus Hrn. Oertling beim Schleifen von Parallelgläsern beobachtet worden. Die obere Messingplatte, gegen welche die Gläser unmittelbar anlagen und durch seitwärts angegossenen Kitt festgehalten wurden, waren aus gewisser Absicht, mit ringförmigen Furchen versehen. Einige der so behandelten Gläser lassen schon ohne weiteres Bilder von diesen Furchen erkennen; aber bei den meisten von ihnen entdeckt das Auge an der Politur auch nicht den geringsten Fleck; so wie man sie indefs behaucht, treten jene Bilder mit grofser Deutlichkeit hervor, und zwar so, dafs die vom Messing berührt gewesenen Theile dunkler erscheinen. Abwaschen mit Alkohol oder Terpenthinöl nimmt den Gläsern diese Eigenschaft nicht; es bedarf dazu nothwendig eines abermaligen Abschleifens.

1842. ANNALEN №. 11.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LVII.

I. *Versuche über das Tragvermögen hufeisenförmiger Magnete und über die Schwingungsdauer geradliniger Magnetstäbe;*

von Paul Wolfgang Haecker,
Eisenhändler und Verfertiger magnetischer Apparate in Nürnberg [1]).

I. Versuche über das Tragvermögen hufeisenförmiger Magnete.

Die Untersuchungen über die Gesetze des Magnetismus, sind mit vielen Schwierigkeiten verknüpft, wegen der vielen Gröfsen, die sich dabei gegenseitig bedingen, und welche kennen zu lernen und bestimmen zu können, eine

1) Die freundschaftlichen Verhältnisse, in welchen ich zu Hrn. Haecker stehe, setzten mich in den Stand, den Anfang und Fortgang seiner Untersuchungen über Magnete ununterbrochen mit meinen Augen zu verfolgen, und jeden Schritt, den er in diesem Gebiete vorwärts that, unmittelbar darauf selbst zu thun. Die Unverdrossenheit und Ausdauer, welche er hierbei an den Tag legte, in Verbindung mit der stets wachsenden Bereitheit, Versuchsmittel in solcher Menge sich zu verschaffen, wie sie nicht leicht einem Physiker vom Fache zu Gebote stehen, geben seinen Versuchen eine gröfsere Allgemeinheit, als diefs bei vielen andern, zu ähnlichen Zwecken angestellten, der Fall ist, und sichern seiner Arbeit einen bleibenden Werth. Eben deshalb bewog ich ihn, einen Theil der Resultate seiner vieljährigen Beobachtungen der Oeffentlichkeit zu übergeben, damit Andere, die sich mit dem gleichen Gegenstande befassen wollen, Gewinn aus ihnen ziehen möchten. Diese Resultate werfen Licht auf viele dunkle Stellen im Gebiete des Magnetismus, und geben dem, der weiter gehen will, eine Menge fester Haltpunkte da an die Hand, wo bisher der Boden noch sehr unsicher war. Die Gesetze, welche Hr. Haecker aufgefunden hat, sind rein empirische, wie diefs namentlich bei der Bestimmung der Schwingungsdauer geradliniger Magnetstäbe von selbst in die Augen springt, aber der grofse Umfang, über welchen sich dessen Versuche erstrecken, giebt ihnen eine höhere Bedeutung. Ich

sehr grofse Anzahl von Versuchen nothwendig machen, wo jeder einen neuen Gegenstand der Beobachtung, nämlich einen neuen Magnet erfordert. Ich veröffentliche hiemit die Resultate mehrjähriger Versuche, bei welchen ich von dem Herrn Rector Professor Dr. Ohm dahier auf das Freundschaftlichste und Thätigste unterstützt wurde.

Um meine Untersuchungen über den Magnetismus mit der gehörigen Sicherheit beginnen zu können, mufste mein hauptsächlichstes Streben dahin gerichtet seyn, den Magnet so beständig zu machen, dafs bei den Versuchen übereinstimmende Werthe von möglichst gleichem Gewicht erhalten werden. Diefs kann jedoch bei demselben nur dadurch geschehen, dafs er von der Anziehungskraft, welche ihm einmal ertheilt worden ist, nichts verliert, und da man bei dem Magnet immer Eisen anlegt und wieder abreifst, so darf er dadurch nicht schwächer werden. Ohne diese Eigenschaft ist es gar nicht möglich Versuche mit Erfolg vorzunehmen, und noch weniger sie durchzuführen. Erst nachdem dieses gelungen war, konnte ich daran denken, Gesetze der magnetischen Wirksamkeit aufzufinden. Der Magnet wird dadurch, dafs er eine Kraft in sich trägt, welche beständig fortwirkt und sich niemals aufzehrt, ein Gegenstand vom höchsten Interesse. Weil im Verlauf des Folgenden die Tragkraft des Magnets einen Hauptgegenstand unserer Untersuchung ausmacht, so wird, um Wiederholungen zu vermeiden, hier ausdrücklich bemerkt, dafs darunter nur der beständige, mit gleicher Kraft fortwirkende, nie entweichende Magnetismus verstanden ist, welcher derselbe bleibt, der Anker mag auch noch so oft abgerissen

war mehrere Male versucht ihnen ein gelehrtes Kleid umzulegen, was ohne Mühe wohl geschehen könnte; allein ich ging jedesmal wieder davon ab, indem ich mich der Sünde fürchtete, dieser Arbeit ihre ursprüngliche Simplicität zu rauben.

Nürnberg, 8. Sept. 1842. Dr. G. S. Ohm.

werden, und ich wähle dafür das Wort constante Kraft. Die weit gröfsere Kraft, welche einem Magnet aufserdem scheinbar noch ertheilt werden kann, welche aber vorübergehend ist, bietet für unsern gegenwärtigen Zweck nichts Beachtenswerthes dar, und es ist daher auch nicht nöthig uns viel mit derselben zu beschäftigen.

Die Wahrheit von der constanten Kraft des Magnetismus gründet sich auf achtjährige Erfahrung und Beobachtung an einer sehr grofsen Anzahl von mir verfertigter Magnete. In Schriften, welche über Magnetismus handeln, wird häufig geklagt, dafs die Magnete durch das öftere Abreifsen des Ankers bald an ihrer Kraft nachlassen, ja es wird diefs sogar von einigen Physikern als in dem Wesen des Magnetismus begründet angenommen. Allein derjenige Magnet ist immer fehlerhaft, welcher, durch das Abreifsen des Ankers schwächer wird, und ist für Maafsbestimmungen ganz zu verwerfen. An den von mir verfertigten Magneten habe ich, wenn auch der Anker mehrere hundert Mal von ihnen abgerissen wurde, niemals eine Abnahme ihrer Kraft wahrgenommen, ja sogar jene Magnete, welche in den von mir nach einer neuen Einrichtung construirten magneto-elektrischen Maschinen thätig waren, wirkten nach jahrelangem Gebrauch, wobei der Anker viele Hunderttausend Mal mit Heftigkeit auf den Magnet geschlagen und von demselben wieder abgerissen worden war, mit ihrer anfänglichen Kraft fort. Ob nun gleich der Magnet in der genannten Weise seine Kraft wesentlich stets ungeändert beibehält, so wird doch nicht behauptet, dafs er sie nicht auf irgend eine Art verlieren könne. Es ist daher von der gröfsten Wichtigkeit alle Umstände genau zu kennen, welche ihm seine Kraft benehmen, oder denselben in seiner Wirkung schwächen, um ihn immer im brauchbaren Zustande erhalten zu können.

Man darf einen Magnet nicht erhitzen, man darf ihn nicht fallen lassen, durch Schlagen oder Stofsen erschüt-

tern; denn jede Erschütterung im ungeschlossenen Zustande ist ihm mehr oder minder nachtheilig. Man darf ihn nicht auf einem, oder mit einem harten, rauhen Körper reiben; eben so wenig darf man ihn auf Eisen legen oder über seine Schenkel mit einem Eisen streichen; auch darf man den Anker nicht auf den Seiten seiner Schenkel abreifsen. Man soll auch einen Magnet nicht in grofse Nähe von Eisen, Stahl oder andern Magneten legen. Das Anlegen des Ankers ist zu empfehlen; ganz überflüssig ist es jedoch den Magnet immer belastet zu erhalten. Vorzüglich hat man darauf zu sehen, dafs weder die Pole desselben noch der Anker mit Staub, Schmutz oder Rost bedeckt sind. In diesem Fall verliert der Magnet zwar nichts an seiner Kraft, allein er kann nicht seine volle Wirkung äufsern, weil beim Anlegen des Ankers die Pole in eine gröfsere Entfernung von einander kommen. Sind jedoch die Schenkel schmutzig oder rostig, so hat dieses keinen Einflufs, wenn nur die Polenden rein sind. Gleichfalls hat man sich vorzusehen, dafs sich keine kleinen Eisentheilchen an den Anker oder an die Pole des Magnets anhängen, dieselben sind oft mit blofsem Auge kaum sichtbar, bringen aber bei Untersuchung der Tragkraft sehr grofse Schwankungen hervor. Magnetisirt man mit einem Magnet, so verliert er etwas an seiner Stärke; der Verlust ist zwar nicht bedeutend, aber doch merkbar, und in diesem Fall mufs man ihn aufs Neue abaichen, wenn man dessen gegenwärtige Kraft genau kennen will. Hat aber ein Magnet aus einer der angegebenen Ursachen seine Kraft verloren, so bleibt nichts anderes übrig als ihn auf's Neue wieder zu magnetisiren. Aus dem Angeführten ist leicht zu entnehmen, welche Aufmerksamkeit man einem Magnet widmen mufs, wenn man denselben immer bei gleicher Kraft und in brauchbarem Zustande erhalten und die mancherlei Schwankungen in den Aeufserungen der magnetischen Kraft bei den Versuchen verhindern will. Um nun eine Ueber-

icht über das Verhalten der Magnete zu erlangen, so olgt hier ein Auszug aus meinem Journal über mehrere on mir verfertigte Magnete in Hufeisenform von contanter Kraft, wobei nicht zu übersehen ist, dafs diese lagnete sämmtlich aus einem einzigen Stabe bestehen.

Gewicht	Loth:	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$2\frac{1}{4}$		
Tragkraft	Loth:	33	36	40	57	70		
Gewicht	Loth:	3	$3\frac{1}{2}$	4	4	$5\frac{1}{2}$		
Tragkraft	Pfund:	2	$3\frac{1}{16}$	3	$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{2}$		
Gewicht	Loth:	$7\frac{1}{4}$	8	8	12	12		
Tragkraft	Pfund:	5	4	$4\frac{13}{16}$	5	$5\frac{1}{2}$		
Gewicht	Loth:	12	12	13	14	16	20	24
Tragkraft	Pfund:	6	$6\frac{3}{4}$	$7\frac{1}{2}$	8	7	8	10
Gewicht	Pfund:	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{7}{8}$	1	1	1
Tragkraft	Pfund:	$10\frac{1}{2}$	11	10	11	9	10	11
Gewicht	Pfund:	1	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	$1\frac{3}{4}$
Tragkraft	Pfund:	$11\frac{1}{2}$	12	13	14	15	$16\frac{1}{2}$	18
Gewicht	Pfund:	$1\frac{13}{16}$	2	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{2}$	$3\frac{3}{4}$
Tragkraft	Pfund:	18	18	20	20	25	25	25
Gewicht	Pfund:	4	$4\frac{1}{4}$	5	$5\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{4}$	7	$7\frac{1}{2}$
Tragkraft	Pfund:	26	32	30	32	35	42	38
Gewicht	Pfund:	$8\frac{1}{4}$	$9\frac{3}{4}$	12	12	20	40	
Tragkraft	Pfund:	50	50	60	65	100	150	

Die Tragkraft sämmtlicher Magnete würde jedoch weit gröfser seyn, und beinahe das Doppelte betragen, wenn der Anker nach dem Magnetisiren von denselben nicht absichtlich mehrmals abgerissen worden wäre. In diesem Fall ist die Kraft jedoch nicht constant, sondern nur vorübergehend. Es ist dieses auch leicht begreiflich. Denn bei dem Magnetisiren wirkt nicht blofs der gestrichene Magnet, sondern auch der streichende auf den Anker ein, wodurch die magnetische Spannung in diesem af eine Art verstärkt wird, die nicht mehr bestehen ann, so wie der Anker abgerissen, und dadurch die Virkung des Strichmagnets vernichtet wird. Um daher

einen Magnet zu prüfen, mufs man den Anker wenigstens ein Paar Dutzend Male von demselben abreifsen, und dabei untersuchen, ob er immer gleiche Last trägt. Vorstehende Versuchsreihe ist zahlreich genug, um uns eine Einsicht in die Wirkungsweise des Magnetismus zu gewähren. Wir ersehen daraus, dafs nicht alle Magnete von einerlei Gewicht gleiche magnetische Kraft besitzen, aber doch mit hinreichender Bestimmtheit, dafs, bei aller Regellosigkeit, welche sich hier zu erkennen giebt, das Tragverhältnifs bei zunehmender Masse abnimmt. Um nun noch mehr Sicherheit und eine gröfsere Ueberzeugung darüber zu erlangen, so wurden mit der gröfsten Sorgfalt noch drei kleinere Magnete verfertigt:

einer von $\frac{15}{32}$ Loth, welcher 28 Loth zog,
einer von $\frac{9}{32}$ Loth, welcher 20 Loth zog,
einer von $\frac{7}{48}$ Loth, welcher 13 Loth zog.

Hier zeigt sich die Abnahme des Tragverhältnisses bei zunehmender Masse sehr augenscheinlich. Da ich mich nun Jahre lang, aber immer vergebens, bestrebte, die grofsen Magnete auf das gleiche Tragverhältnifs der kleinern zu bringen, die Natur übrigens keine Launen hat, sondern stets nach bestimmten Gesetzen auf die einfachste Weise wirkt, so verwickelt uns auch die Verhältnisse scheinen mögen, so ermunterte mich dieses, das hiebei obwaltende Gesetz aufzusuchen. Zu diesem Zwecke wurden die besten der von mir verfertigten Magnete ausgewählt, und deren Tragvermögen sorgfältig bestimmt. Auf solche Weise gelangte ich zu folgenden Resultaten:

Bezeichnet n das Verhältnifs der Tragkraft zu dem Gewicht des Magnets:

P die Masse oder das Gewicht des Magnets,

so hat man stets $\alpha = n\sqrt[3]{P}$, oder in Logarithmen:

$$\log \alpha = \log n + \tfrac{1}{3} \log P,$$

wobei α eine constante Gröfse vorstellt, welche das Tragverhältnifs eines Magnets von der Gewichtseinheit bedeu-

tet. Nach dieser Formel wurden nun folgende Magnete berechnet:

Gewicht.	Tragkraft.	Verhältnifs der Tragkraft.	*log α.*
$\frac{7}{48}$ Loth	13 Loth	das 89fache	1,647
$\frac{9}{32}$ -	20 -	- 71 -	1,667
$\frac{15}{32}$ -	28 -	- 60 -	1,668
$\frac{11}{8}$ -	57 -	- 41 -	1,658
$\frac{9}{4}$ -	70 -	- 31 -	1,608
$\frac{7}{2}$ -	98 -	- 28 -	1,625
$\frac{29}{4}$ -	160 -	- $22\frac{1}{4}$ -	1,634
13 -	240 -	- $18\frac{1}{2}$ -	1,638
56 -	576 -	- $10\frac{1}{3}$ -	1,595
104 -	800 -	- 7,7 -	1,558
224 -	1344 -	- 6 -	1,561.

Um nun die Versuchsreihe möglichst zu ergänzen, so wurden mit vieler Mühe und Sorgfalt noch folgende vier kleine Magnete verfertigt.

Nämlich einer

von $\frac{1}{16}$	Loth schwer,	welcher	7	Loth	zog
- $\frac{1}{32}$	-	-	- 4	-	-
- $\frac{1}{64}$	-	-	- $2\frac{1}{2}$	-	-
- $\frac{1}{120}$	-	-	- $\frac{50}{32}$	-	-

Darauf wurden folgende Magnete mit einander verglichen und der Werth ihrer Constante bestimmt.

Gewicht.	Tragkraft.	Verhältnifs der Tragkraft.	*log. α.*
$\frac{1}{120}$ Loth	$\frac{50}{32}$ Loth	das 190fache	1,581
$\frac{1}{64}$ -	$2\frac{1}{2}$ -	- 160 -	1,602
$\frac{1}{32}$ -	4 -	- 128 -	1,605
$\frac{1}{16}$ -	7 -	- 112 -	1,648
$4\frac{1}{4}$ Pfund	32 Pfund	- $7\frac{1}{2}$ -	1,586
$8\frac{1}{4}$ -	50 -	- 6,06 -	1,589
12 -	65 -	- 5,417 -	1,594
20 -	100 -	- 5 -	1,633
40 -	150 -	- $3\frac{3}{4}$ -	1,610

Auch hier finden wir in den Logarithmen der Constante keine grofsen Abweichungen.

Obiger Gleichung $\alpha = n\sqrt[3]{P}$ kann man eine andere Gestalt geben, wenn man durch z das Tragvermögen bezeichnet, und dann $\frac{z}{P}$ für n setzt. Man erhält dann:

$$\alpha = \frac{z}{\sqrt[3]{P^2}}$$

oder:

$$z = \alpha\sqrt[3]{P^2},$$

woraus folgt, dafs die Tragkraft zunimmt wie das Quadrat der dritten Wurzel aus der Masse, während nach der früheren Formel das Tragverhältnifs im umgekehrten Verhältnifs zur dritten Wurzel aus der Masse steht. Läfst man daher die Masse stetig ab- oder zunehmen, so zeigt sich an den beiden Gränzen der Verhältnisse immer ein Maximum und Minimum neben einander. Eine unendlich kleine Masse hat ein unendlich grofses Tragverhältnifs, und eine unendlich grofse Masse ein unendlich kleines Tragverhältnifs. Bezeichnen nun

p, P die Gewichte

z, Z die Tragkräfte

zweier Magnete, so verhält sich

$$p^2 : P^2 = z^3 : Z^3;$$

es verhalten sich daher bei gleichem Werthe von α die Quadrate der Gewichte oder Massen zweier Magnete, wie die Kubi ihrer Tragkräfte. Aus der Versuchsreihe ergiebt sich, dafs der Magnet von 40 Pfund im Gewicht und $3\frac{3}{4}$facher Tragkraft eine nur wenig gröfsere Constante hat, wie derjenige von $\frac{1}{120}$ Loth und 190facher Tragkraft, und die fast völlige Uebereinstimmung, welche bei der Vergleichung der magnetischen Kraft an so sehr entfernten Gränzen stattfindet, spricht sehr zu Gunsten des aufgefundenen Gesetzes.

Aus der Formel $\alpha = n\sqrt[3]{P}$ ersehen wir, dafs, wenn

viele kleine Magnete mit einander verbunden werden, das Tragverhältnifs eines Magnets in dem Verhältnifs abnimmt, als die dritte Wurzel der Masse zunimmt. So sehr wir nun davon überzeugt seyn können, so ist es doch unumgänglich nothwendig die Wahrheit dieses Gesetzes noch durch directe Versuche nachzuweisen. Zu diesem Behuf wurde ein Magnet aus fünf Lamellen bestehend genommen, jede Lamelle gewogen, und hernach magnetisirt.

No.		wog	Loth		zog	Pfd.
No. 1		wog $9\frac{1}{2}$	Loth und zog			4 Pfd.
- 2	-	10	-	-	-	$3\frac{1}{2}$ -
- 3	-	11	-	-	-	4 -
- 4	-	10	-	-	-	$3\frac{1}{2}$ -
- 5	-	9	-	-	-	$3\frac{1}{2}$ -
Summe der Gewichte		$49\frac{1}{2}$ Loth.	Summe d. Tragkr.			$18\frac{1}{2}$ Pfd.

es zog daher im Durchschnitt jede Lamelle das zwölffache ihres eigenen Gewichts, und die Summe der Tragkraft der einzelnen Schienen ist $18\frac{1}{2}$ Pfund. Es mufs daher die Formel $\alpha = n\sqrt[3]{P}$ bei den einzelnen, so wie bei den vereinigten Schienen gleiche Werthe für α geben. Bei den einzelnen Schienen ist:

$$P = 9{,}9$$
$$n = 12$$
$$\log \alpha = 1{,}4109,$$

als nun diese fünf Lamellen zu einem Magnet vereinigt wurden, so zog derselbe $10\frac{1}{2}$ Pfund. Hier ist:

$$P = 49{,}5$$
$$n = 6{,}79$$
$$\log \alpha = 1{,}3960.$$

Der Unterschied von 0,0149 bei dem $\log \alpha$ ist zu unbedeutend, als dafs er in Beachtung gezogen werden dürfte. Derselbe Magnet wurde nun wieder aus einander gelegt und drei Lamellen davon auf's Neue magnetisirt.

No. 1	wog 10 Loth	und zog	$3\frac{1}{2}$ Pfd.
- 2	- 11	- - -	4 -
- 3	- 10	- - -	$3\frac{3}{4}$ -
Summe der Gewichte	31 Loth.	Summe d. Tragkr.	$11\frac{1}{4}$ Pfd.

Bei den einzelnen Schienen ist:

$$P = 10{,}33$$
$$n = 11{,}61$$
$$\log \alpha = 1{,}4028.$$

Zu einem Magnet vereinigt zogen diese drei Lamellen $7\frac{3}{4}$ Pfund. Hier ist:

$$P = 31$$
$$n = 8$$
$$\log \alpha = 1{,}4001,$$

also eine hinreichend genaue Bestätigung.

Vermittelst des entdeckten Gesetzes sind wir nun im Stande den Magnet einer Prüfung zu unterwerfen. Nicht leicht waren in irgend einem Fach der Physik Angaben unsicherer und zweifelhafter als diejenigen über Magnete, vorzüglich wenn sie eine mehr als gewöhnliche Gröſse überschritten. Man konnte ihre Tragkraft nie mit zuverlässiger Gewiſsheit erfahren, noch wuſste man, ob dieselbe auch constant sey. Bis jetzt wurden die gröſseren Magnete nur dadurch zu Stande gebracht, daſs man mehrere kleine Lamellen auf einander legte, und da scheint die Summe der Tragkraft der einzelnen Schienen für die Wirkung des Ganzen angenommen worden zu seyn. So wird zum Beispiel einem Magnet aus 17 Lamellen bestehend, der mit der Armirung von [illegible] sen 60 Pfund wiegt, eine Tragkraft von 300 Pfund zugeschrieben. Es bleibt nun zu untersuchen, ob dieses stattfinden könne. Da das Gewicht seiner Armirung unbekannt ist, so wollen wir denselben zu 60 Pfund schwer annehmen, also schwerer als er wirklich ist.

60 Pfund haben daher eine Tragkraft von 300 Pfun[d]. Hier ist:

$$P = 1920$$
$$n = 5{,}000$$
$$\log \alpha = 1{,}793;$$

allein $\log \alpha$ ist hier viel zu grofs. Nun besteht der Magnet aus siebzehn Lamellen, wovon jede 3,53 Pfund wiegt. Sollen nun die siebzehn Lamellen vereinigt 300 Pfund tragen, so mufs nach obiger Constante jede einzelne $45\frac{1}{4}$ Pfund tragen; einen Magnet jedoch von constanter Kraft, welcher $3\frac{1}{2}$ Pfund wiegt und 45 Pfund trägt, giebt es nicht. Trägt dagegen eine Lamelle das Fünffache ihres eigenen Gewichts, nämlich 17,65 Pfund, so ist die Summe der Tragkraft der einzelnen siebzehn Lamellen allerdings 300 Pfund; allein vereinigt haben sie nur eine Tragkraft von $116\frac{1}{2}$ Pfund. Man würde dagegen siebzig solcher Lamellen im Gewicht von 247 Pfund nöthig haben, um durch ihre Zusammensetzung einen Magnet von 300 Pfund Tragkraft zu erhalten.

Wir wollen nun zu der Versuchsreihe wieder zurückkehren, und die berechneten Logarithmen von α einer näheren Prüfung unterwerfen. Die Unterschiede derselben sind nicht sehr grofs, und wenn wir bedenken, dafs die Magnete zu verschiedenen Zeiten und manche auch von einem andern Materiale gemacht wurden, so ist es gar nicht anders möglich, als dafs Differenzen vorkommen müssen. Um nämlich den Unterschied kennen zu lernen, welcher hinsichtlich der Entwicklung des Magnetismus zwischen den verschiedenen Stahlsorten stattfindet, wurden über eine beträchtliche Anzahl derselben Versuche angestellt, und die bedeutenden Unterschiede, welche wir bei einerlei Gewicht in der Tragkraft finden, kommen gröfstentheils von der Beschaffenheit der dazu angewandten Stahle her. Diese ist es jedoch nicht allein; auch die verschiedene Bearbeitung und Behandlung im Feuer hat grofsen Einflufs, ob der Stahl mehr oder weniger Magnetismus entwickelt. Ja man wird nicht einmal zwei Magnete von gleichem Gewicht aus ein und

demselben Materiale verfertigen, welche gleich anfangs genau mit einander übereinstimmten. Bei dem ganz kleinen Magnet von $\frac{1}{120}$ Loth finden wir die Constante etwas kleiner als sie seyn sollte, allein die bereits angeführten Ursachen, theils die Schwierigkeiten bei so kleinen Magneten alle Bedingungen genau zu erfüllen, wodurch das Maximum der magnetischen Kraft erregt werden kann, sind der Grund davon. So kleine Magnete, die nur zwei Gran wiegen, sind schwierig zu behandeln und anzufassen, und man kommt in Gefahr sie leicht aus dem Gesichte zu verlieren; aufserdem erfordert ihre Verfertigung, wenn sie nicht misrathen sollen, sehr viel Vorsicht und Aufmerksamkeit. Noch kleinere Magnete, z. B. 1 Gran schwer, wollten mir bisher nicht gelingen.

Was die Form anbelangt, so hat dieselbe, wenn sie nicht allzusehr von der gewöhnlichen abweicht, keinen Einflufs. Es ist gleichgültig, ob der Querschnitt der Schenkel quadratisch, oder zwei bis drei Mal so breit als dick ist, ob sie etwas länger oder kürzer, und ob sie etwas näher oder entfernter von einander sind. In gewissen Gränzen, wo das angeführte Gesetz und das Maximum der Kraft stattfindet, ist die Form oder das Verhältnifs des Querschnitts allerdings eingeschlossen; wo dieselben jedoch aufhören habe ich noch nicht ermittelt, weil sonst die Versuche in's Unendliche hätten vervielfältigt werden müssen. Unter allen berechneten Magneten ist nicht einer, es müfste denn zufällig seyn, dessen Form einer der andern vollkommen gleich wäre. Die Schenkel des 150 Pfund tragenden Magnets sind 31 Zoll lang, 28 Linien breit und 13 Linien dick, und sind im Lichten 6½ Zoll von einander entfernt; die Schenkel des 100 Pfund tragenden Magnets sind 18 Zoll lang, 26 Linien breit, 11 Linien dick, und sind im Lichten 6 Zoll von einander entfernt. Die Verfertigung so grofser Magnete aus einem Stück unterliegt jedoch sehr vielen Schwierigkeiten, und ist sehr mühsam, zeitraubend und kost-

spielig. Um nun den Werth und die Güte eines Magnets beurtheilen zu können, so habe ich beifolgende Tafel berechnet. Hiebei wurde $\log a = 1{,}600$ zum Grund gelegt, wie derselbe durch die Versuche gefunden wurde. Ein Magnet, dessen Tragkraft nicht die in der Tabelle angezeigte erreicht, kann daher keineswegs unter die besseren gerechnet werden.

Um die folgende Tabelle für Magnete, deren Gewicht in Kilogrammen angegeben ist, benutzen zu können, darf man nur die Kilogrammen mit 1,786 multipliciren und das Product bei dem Gewicht der Magnete aufsuchen; das dabei bemerkte Tragverhältnifs ist dann dasjenige für den in Kilogrammen angegebenen Magneten:

Tabelle der Tragkraft verschiedener Magnete, $\log a = 1{,}600$.

Verhältnifs der Tragkraft.	Gewicht.		Tragkraft.			
25,07	4	Loth	3	Pfund	4	Loth
21,90	6	-	4	-	3	-
19,90	8	-	4	-	31	-
17,38	12	-	6	-	16	-
15,79	½	Pfund	7	-	28	-
13,80	¾	-	10	-	11	-
12,54	1	-	12	-	17	-
11,64	1¼	-	14	-	17	-
10,95	1½	-	16	-	13	-
10,40	1¾	-	18	-	6	-
9,954	2	-	19	-	28	-
9,238	2½	-	23	-	2	-
8,639	3	-	26	-	2	-
8,258	3½	-	28	-	28	-
7,899	4	-	31	-	19	-
7,594	4½	-	34	-	5	-
7,338	5	-	36	-	22	-
6,900	6	-	41	-	12	-
6,555	7	-	45	-	28	-
6,269	8	-	50	-	4	-

Verhältnifs der Tragkraft.	Gewicht.	Tragkraft.
6,028	9 Pfund	54 Pfund 7 Loth
5,819	10 -	58 - 6 -
5,637	11 -	62 - -
5,476	12 -	65 - 22 -
5,202	14 -	72 - 26 -
4,976	16 -	79 - 19 -
4,784	18 -	86 - 3 -
4,619	20 -	92 - 12 -
4,475	22 -	98 - 13 -
4,288	25 -	107 - 6 -
4,129	28 -	115 - 20 -
4,035	30 -	121 - 1 -
3,949	32 -	126 - 11 -
3,833	35 -	134 - 5 -
3,666	40 -	146 - 18 -
3,525	45 -	158 - 19 -
3,403	50 -	170 - 5 -
3,202	60 -	192 - 5 -
2,973	75 -	222 - 31 -
2,701	100 -	270 - 3 -
1,254	1000 -	1253 - 24 -
1,000	1972 -	1972 -

Folgende Berechnung zeigt, wie eine kleine Aenderung im Werthe von α grofse Unterschiede in den, dem Tragverhältnifs 1 entsprechenden Massen nach sich zieht:

Log $\alpha = 1,650$	Gewicht	2753 Pfd.	Verhältn. d. Tragkr.	1
- $\alpha = 1,700$	-	3934	- - - -	1
- $\alpha = 1,750$	-	5560	- - - -	1
- $\alpha = 1,800$	-	7800	- - -	1

Es wurde bereits früher schon erwähnt, welche Vorsicht man anwenden mufs, um einen Magnet immer bei gleicher Kraft zu erhalten. Allein die Versuche selbst erfordern nicht minder grofse Sorgfalt und Aufmerksamkeit, vorzüglich wenn man die Tragkraft eines Magnets

der Wahrheit möglichst nahe bringen will. Hier ist unumgänglich nothwendig, dafs der Magnet senkrecht aufgehangen sey, und dafs die Flächen seiner beiden Pole mit der Horizontalebene parallel laufen. Die Last mufs genau in seiner Mitte angebracht seyn, und er darf sich dabei nicht um das Geringste verrücken. Dieses sind jedoch, wenn ein Magnet 50 oder 100 Pfund trägt, Bedingungen, welche nicht so leicht zu erfüllen sind, und auch bei einer geeigneten Vorrichtung viele Uebung erfordern. Hiebei kann man aber den Magnet sehr genau abaichen, so dafs nur ein ganz kleiner Kraftüberschufs, bei 100 Pfund Last ungefähr $\frac{1}{2}$ bis 1 Pfund, übrig bleibt. In diesem Fall ist es interessant zu sehen, mit welcher Leichtigkeit man den Anker samt der anhängenden Last an den Polebenen hin und her bewegen kann. Will man einen Magnet genau abaichen, so darf man nicht die ganze Last auf einmal, sondern nur theilweise nach und nach an denselben anhängen. Anfangs davon $\frac{1}{2}$, dann $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$ und $\frac{1}{8}$. Insbesondere mufs dieses Verfahren bei ganz kleinen Magneten beobachtet werden. Ein Magnet mufs seine Last mit einem Kraftüberschufs von 5 bis 6 Proc. der Last tragen, weil sie sonst bei dem kleinsten Fehler nicht haften oder bei der geringsten Erschütterung sogleich abfallen würde. Sind jedoch alle vorgeschriebenen Bedingungen genau erfüllt, und hat man ihn auf die angegebene Art belastet, so kann man successive in kleinen Theilen noch so viel Gewicht zulegen, bis der Anker abreifst, und alsdann die Gränze seiner Kraft genau bestimmen. Durch öftere Wiederholung kommt man hierin der Wahrheit sehr nahe. Eine einzige Vernachlässigung der angegebenen Vorschriften, verursacht jedoch die gröfsten Abweichungen und vereitelt alle genauen Versuche, und wir ersehen daraus, welch subtiles und empfindliches Object der Magnet ist.

II. Versuche über die Schwingungsdauer geradliniger Magnetstäbe.

Aus dem Vorhergehenden haben wir das Gesetz de magnetischen Tragkraft hufeisenförmig gebogener Stäb kennen gelernt. Es bleibt nun zu untersuchen übrig welches Gesetz die Schwingungsdauer magnetischer Stäb befolgt. Wir wollen daher von dem Einfachen zu den Zusammengesetzten übergehen. Es wurden folgende sie ben Stäbe magnetisirt und ihre Schwingungsdauer beob achtet. Sie waren alle gleich lang und breit. Die Läng derselben betrug $16\frac{1}{2}$ franz. Zolle, ihre Breite 11 Linie und ihre Dicke zwischen 3 und $3\frac{1}{2}$ Linien. Das Gewich ist baierisches:

No.		wog	Loth			Schwingungsdauer	
No.	1	wog	34	Schwingungsdauer		19,60	Secun
-	2	-	$35\frac{1}{4}$	-	-	19,90	-
-	3	-	$28\frac{3}{4}$	-	-	18,49	-
-	4	-	31	-	-	19,39	-
-	5	-	35	-	-	20,56	-
-	6	-	$33\frac{1}{2}$	-	-	20,23	-
-	7	-	$31\frac{1}{4}$	-	-	19,54	-

Untersuchen wir vorerst die magnetische Kraft di ser Stäbe, so finden wir sie sehr gering. Dieselben wu den zu dem Endzweck verfertigt, um eine gewisse Stab sorte hinsichtlich der Annahme des Magnetismus zu pr fen. Dieselbe hat sich jedoch hiezu sehr ungeeignet b funden, daher sie auch bei Seite gelegt wurden. Da jedoch bei diesen Versuchen nicht sowohl auf Stärk sondern nur auf das Verhältniſs ihrer Wirkung anka so konnte doch ein Gebrauch von ihnen gemacht we den. Es wurden nun die vier ersten Stäbe, einer nac dem andern, auf einander gelegt, und jedesmal ihre Schwi gungsdauer beobachtet, und hernach wurden die drei let teren mit den vier ersteren vereinigt. Die Schwingung dauer der vereinigten Stäbe war folgende:

N

No. 1.	**34 Loth;**	**Schwingungsdauer**	**19,60**	**Sec.**
- 2.	35¼ -	- -	19,90	-
	69¼ Loth;	Schwingungsdauer	25,12	Sec.
No. 3.	28¾ -	- -	18,49	-
	98 Loth;	Schwingungsdauer	28,18	Sec.
No. 4.	31 -	- -	19,39	-
	129 Loth;	Schwingungsdauer	31,23	Sec.
No. 5.	35 -	- -	20,56	-
- 6.	33½ -	- -	20,23	-
- 7.	31¼ -	- -	19,54	-
	228¾ Loth;	Schwingungsdauer	39,40	Sec.

Aus diesen ersten Versuchen geht hervor, dafs sich in Stäben von gleicher Länge und Breite die Schwingungsdauer verhält wie die Kubikwurzeln der Massen oder der Gewichte. Berechnet man nämlich diesem Gesetze gemäfs die Schwingungsdauer, so erhält man für die Verbindung

von	No. 1. 2.	24,88 Sec.
-	No. 1. 2. 3.	27,88 -
-	No. 1. 2. 3. 4.	30,72 -
-	allen 7 Stäben	37,64 -

Da diese Stäbe nicht alle gleiche magnetische Kraft besitzen, so wurde für jeden Versuch das mittlere Gewicht eines Stabes, so wie dessen mittlere Schwingungsdauer gesucht, und letztere mit den Kubikwurzeln der Massen oder der Gewichte verglichen; auf diese Art wurden folgende Proportionen erhalten für die Verbindung

$$\text{von No. 1. 2.}\quad \sqrt[3]{34,62\ \text{Loth}} : \sqrt[3]{69,25\ \text{Loth}} = 19,50\ \text{Sec.} : 24,88\ \text{Sec.}$$

$$\text{von allen 6 Stäben}\quad \sqrt[3]{32,68\ \text{Loth}} : \sqrt[3]{228,75\ \text{Loth}} = 19,67\ \text{Min.} : 37,64\ \text{Min.}$$

welche Art der Berechnung auch auf die folgenden Stäbe angewandt wurde.

Von diesen sieben Stäben wurden wieder sechs magnetisirt; ihre Schwingungsdauer war folgende:

No. 1.	35 Loth; Schwingungsdauer	22,31 Sec.
- 2.	$33\frac{1}{2}$ - - -	20,77 -
- 3.	31 - - -	19,23 -
- 4.	$35\frac{1}{4}$ - - -	19,20 -
- 5.	$28\frac{3}{4}$ - - -	18 -
- 6.	$31\frac{1}{4}$ - - -	18,46 -
	$194\frac{3}{4}$ Loth; Schwingungsdauer	36,62 Sec.

Als diese sechs Stäbe sämmtlich auf einander gelegt wurden, war ihre Schwingungsdauer 36,62 Sec.
durch die Rechnung erhält man 35,71 -

Obige sechs Stäbe wurden neuerdings magnetisirt ihre Schwingungsdauer war wie folgt:

No. 1.	$31\frac{1}{4}$ Loth; Schwingungsdauer	17,38 Sec.
- 2.	35 - - -	22,15 -
- 3.	$33\frac{1}{2}$ - - -	19,84 -
- 4.	31 - - -	18,92 -
- 5.	$28\frac{3}{4}$ - - -	17,62 -
- 6.	$35\frac{1}{4}$ - - -	18,08 -

Hierauf wurden zwei Stäbe neben einander und die vier übrigen darauf gelegt;

wurden No. 1 und 2 neben einander gelegt, so erhielt man eine Schwingungsdauer von 25,23 Sec.
wurden nun No. 3 und 4 darauf gelegt, so war die Schwingungsdauer 31,81 -
wurden nun noch No. 5 und 6 darauf gelegt, so war die Schwingungsdauer 36,19 -

Die Rechnung giebt eine Schwingungsdauer

für No. 1. 2.	von	24,92 Sec.
- - 1. 2. 3. 4	-	31,07 -
- alle 6 Stäbe	-	34,52 -

Die nämlichen sechs Stäbe wurden wiederum magnetisirt ihre Schwingungsdauer war folgende:

No. 1.	35¼ Loth;	Schwingungsdauer	18,46	Sec.
- 2.	33½ -	- -	20,07	-
- 3.	35 -	- -	22	-
- 4.	31¼ -	- -	17,84	-
- 5.	28¾ -	- -	18,15	-
- 6.	31 -	- -	18,92	-

Darauf wurden drei Stäbe neben einander, und die drei übrigen darauf gelegt;

wurden No. 1. 2. 3 neben einander gelegt, so
erhielt man eine Schwingungsdauer von 28 Sec.
wurden nun No. 4. 5. 6 darauf gelegt, so
war die Schwingungsdauer 35,38 -

Durch die Rechnung erhält man eine Schwingungsdauer
für No. 1. 2. 3 von 29,11 Sec.
- alle 6 Stäbe - 34,96 -

Dieselben sechs Stäbe wurden abermals magnetisirt; ihre Schwingungsdauer war folgende:

No. 1.	35 Loth;	Schwingungsdauer	22	Sec.
- 2.	33½ -	- -	20,46	-
- 3.	31 -	- -	18,92	-
- 4.	35¼ -	- -	18,96	-
- 5.	28¾ -	- -	17,80	-
- 6.	31¼ -	- -	17,84	-

Darauf wurden alle sechs Stäbe neben einander gelegt;

wurden No. 1. 2. 3. 4 neben einander gelegt,
so erhielt man eine Schwingungsdauer von 30,61 Sec.
wurden nun noch No. 5 und 6 neben daran
gelegt, so war die Schwingungsdauer 33,46 -

Die Rechnung ergiebt eine Schwingungsdauer
für No. 1. 2. 3. 4 von 31,88 Sec.
- alle 6 Stäbe - 35,12 -

Hier ist zu bemerken, dafs die Stäbe durch das Schleifen etwas uneben wurden, daher sie sich bei dem Aufeinanderlegen nicht überall genau berührten, daher auch nicht vollkommen so stark wirkten als wenn sie eine compacte Masse gebildet hätten, wodurch kleine Diffe-

renzen zwischen Beobachtung und Rechnung entstehen müssen. Wir finden jedoch, dafs bei der Verschiedenheit und der grofsen Ungleichheit, welche hier dem Querschnitt gegeben wurde, sich das aufgefundene Gesetz bei jedem Versuch zu erkennen giebt. Wir erhalten daher bei gleichem Werthe von α für Stäbe von gleicher Länge, aber ungleichem Querschnitte innerhalb gewisser Gränzen, wenn

p, P die Gewichte oder Massen,
t, T die Schwingungsdauer

zweier Magnetstäbe bezeichnen, die Gleichung:

$$\sqrt[3]{p} : \sqrt[3]{P} = t : T.$$

Wir haben nun noch die Schwingungsdauer derjenigen Stäbe von ungleicher Länge und verschiedenem Gewicht, oder ungleichem Querschnitt zu bestimmen. Diefs kann jedoch nicht eher geschehen, als bis vorher von Stäben von ungleicher Länge, aber gleichem Querschnitt, das Verhältnifs der Schwingungsdauer bekannt ist. Hier stofsen wir aber auf mehr Schwierigkeiten, weil dasselbe nicht so ganz sicher durch die Beobachtung erhalten werden kann. Erstens wegen der unvermeidlichen Fehler, welche sich bei der Beobachtung der Schwingungsdauer so kleiner Stäbe, mit denen man den Anfang machen mufs, einschleichen, und zweitens wegen der Abweichungen, — wenn sie auch nur klein seyn sollten, — welche die Ungleichheit ihrer Kräfte verursacht. Denn ihre Vergleichung ist nur unter der Voraussetzung möglich, dafs für sie alle die Constante ein und denselben Werth hat, eine Bedingung, welche genau zu erfüllen nicht in unserer Gewalt steht, wie wir schon aus den Versuchen bei der Tragkraft gesehen haben. Wir wollen nun untersuchen, welche Genauigkeit die Versuche gewähren, und wie nahe wir dieselben mit der Rechnung in Uebereinstimmung zu bringen vermögen. Der Anfang wurde damit gemacht, dafs die Schwingungsdauer folgender vier

Stäbe von viereckiger Form und von fast gleichem Querschnitt von ungefähr $4\frac{1}{2}$ Quadratlinien mit einander verglichen wurde. Als

Gewicht	17	37	53	60
Länge, Zoll	3	6	9	12
Schwingungsdauer	3'',26	4'',62	5'',60	6'',61

nimmt man hiebei den Stab von 3 Zoll als Maafsstab, so ist die Schwingungsdauer den Quadratwurzeln der Länge proportional; denn nur unter dieser Annahme erhält man durch die Rechnung für die Schwingungsdauer des zweiten, dritten und vierten Stabes:

4'',61   5'',64 und 6'',52,

und die dabei stattfindenden Unterschiede sprechen nicht gegen das aufgestellte Gesetz. Wir haben daher bei gleicher Constante innerhalb den Gränzen der Beobachtung, wenn

l, L die Längen
t, T die Schwingungsdauer

zweier Stäbe von verschiedener Länge, aber gleichem Querschnitt, bezeichnen den Ausdruck:

$$\sqrt{l} : \sqrt{L} = t : T,$$

aber genau genommen finden wir, dafs der Querschnitt dieser vier Stäbe nicht vollkommen gleich ist, indem derjenige von 6 und 9 Zoll etwas schwerer, derjenige von 12 Zoll etwas leichter ist, und die berechnete Schwingungsdauer wird daher eine Abänderung erleiden. Um nun dieses bewerkstelligen zu können, und einen allgemeinen Ausdruck für Stäbe von verschiedener Länge und verschiedenem Gewicht zu erhalten, dient die bereits gefundene Formel:

$$\sqrt[3]{p} : \sqrt[3]{P} = t : T,$$

welche für Stäbe von gleicher Länge und ungleichem Querschnitt gilt. Vermittelst dieser beiden Proportionen gelangen wir zu der folgenden, welche für Stäbe von ungleicher Länge und verschiedenem Gewicht oder ungleichem Querschnitt gültig ist, nämlich:

$$\sqrt{l}\sqrt[3]{\frac{p}{l}} : \sqrt{L}\sqrt[3]{\frac{P}{L}} = t : T \ldots\ldots (I)$$

Sind nämlich die Längen zweier Magnetstäbe l und L, ihre Gewichte p und P, und ihre Schwingungsdauer t und T, und denkt man sich einen dritten Magnet, dessen Länge l und dessen Gewicht $\frac{lP}{L}$ ist, so daſs er mit dem, dessen Gewicht P ist, einerlei Querschnitt hat, und dessen Schwingungsdauer t' ist, so hat man nach der vorstehenden Proportion:

$$\sqrt[3]{p} : \sqrt[3]{\frac{lP}{L}} = t : t'$$

und nach der vorhin gefundenen:

$$\sqrt{l} : \sqrt{L} = t' : T,$$

aus welchen beiden Proportionen sich die hier stehende Fundamentalgleichung sogleich ergiebt.

Nach dieser Formel wurde nun die Schwingungsdauer folgender dreizehn Stäbe berechnet. Hiebei ist das Gewicht in sechszehn Theilen eines baierschen Lothes und die Länge im französischen Maaſs angegeben. Als Maaſs wurde der Stab von 3 Zoll Länge gebraucht, und die Rechnung auf denselben bezogen.

Zur Erleichterung der Rechnung wurde die Proportion (I) in folgende Gleichung umgestaltet:

$$\sqrt[3]{\frac{P}{p}} \times \sqrt[6]{\frac{L}{l}} \times t = T \ldots\ldots (II)$$

Länge.	Gewicht.	Form.	Schwingungsdauer. Beobachtet.	Schwingungsdauer. Berechnet.
3 Zoll	17	□ $2\frac{1}{8}$ Lin. dick	3,26 Sec.	3,26 Sec.
4 -	20	□ $2\frac{1}{8}$ - -	3,70 -	3,60 -
4 -	17	flach, 1 Lin. dick	3,54 -	3,42 -
6 -	37	□ $2\frac{1}{8}$ Lin. dick	4,62 -	4,74 -
9 -	53	□ $2\frac{1}{8}$ - -	5,60 -	5,71 -
9 -	136	□ $3\frac{2}{3}$ - -	8,23 -	7,83 -

Länge.	Gewicht.	Form.	Schwingungsdauer. Beobachtet.	Schwingungsdauer. Berechnet.
10 Zoll	56	□ $2\frac{1}{8}$ Lin. dick	5,96 Sec.	5,92 Sec.
12 -	60	□ $2\frac{1}{8}$ - -	6,61 -	6,25 -
12 -	176	□ $3\frac{7}{8}$ - -	9,23 -	8,95 -
10 -	520	□ $7\frac{1}{8}$ - -	14 -	12,45 -
15 -	928	□ $7\frac{3}{4}$ - -	16,50 -	16,17 -
$22\frac{1}{2}$ -	1536	□ 8 - -	21,43 -	20,47 -
$22\frac{1}{2}$ -	1648	16‴ breit 5‴ dick	21,23 -	20,96 -

Ueberblicken wir nun diese Versuchsreihe, so zeigt sich, daſs die Formel die Erscheinungen sehr gut darstellt. Denn, beachten wir, daſs, da der dreizöllige Stab absichtlich als Maaſs gewählt wurde, um die Abweichungen möglichst sichtbar zu machen, ein kleiner Fehler hiebei auf die Berechnung der gröſseren Stäbe einen groſsen Einfluſs äuſsert, so sind dieselben doch in solche Gränzen eingeschlossen, daſs wir sie eher in der materiellen Verschiedenheit der Stäbe als in der Nichtbefolgung des Gesetzes zu suchen haben. Es liegt übrigens in der Natur der Sache, daſs die hier aufgestellten Proportionen nur innerhalb gewisser Gränzen, wo der Magnetismus mit dem Maximum seiner Kraft hervortritt, also bei einem gewissen Verhältniſs des Querschnitts zur Länge, ihre Gültigkeit haben. Diese Gränzen scheinen jedoch, wie wir bereits hier und bei den Versuchen über die Tragkraft gesehen haben, nicht sehr eng gezogen zu seyn. Entfernt man sich jedoch viel weiter davon, so vermindert sich die Wirkung des Magnetismus, wie folgende Versuche zu erkennen geben; hiebei ist das Gewicht ebenfalls in sechszehn Theilen eines baierschen Lothes angegeben:

Länge.	Gewicht.	Form.	Schwingungsdauer.
1 Zoll	5	□ $2\frac{1}{8}$ Lin. dick	3,03 Sec.
24 -	128	□ $2\frac{1}{8}$ - -	14,51 -
24 -	336	□ $3\frac{2}{3}$ - -	16,12 -
72 -	376	□ $2\frac{1}{8}$ - -	hatte Wendepunkte.

Als jedoch ein Magnetstäbchen von 1 Zoll Länge mit einem Querschnitt von einer Quadratlinie und $\frac{5}{64}$ Loth Gewicht verfertigt wurde, so war dessen Schwingungsdauer 1,23 Sec., also nur 0,09 Sec. länger als die Rechnung angiebt.

Aus dem Angeführten ist leicht erklärlich, warum hohle Cylinder schneller schwingen als massive. Der Unterschied ihrer Schwingungsdauer ist nämlich bei gleicher Länge den Kubikwurzeln ihrer Massen proportional, wie folgender Versuch beweist. Es wurde ein Cylinder von $7\frac{1}{3}$ Lin. Durchmesser und 82 Lin. Länge so weit ausgebohrt, dafs die Höhlung desselben $5\frac{1}{3}$ Lin. im Durchmesser, mithin die Breite des Stahlringes 1 Linie betrug. Das Gewicht des Cylinders war $7\frac{5}{16}$ Loth, und er hatte, magnetisirt, eine Schwingungsdauer von 7″,35. Wird nun die Rechnung auf den dreizölligen Stab von 3″,26 Schwingungsdauer bezogen und nach der Gleichung (II) berechnet, nämlich:

$$\sqrt[3]{\frac{117}{17}} \times \sqrt[6]{\frac{82}{36}} \times 3'',26 = \text{der gesuchten Schwingungsdauer},$$

so erhält man eine Schwingungsdauer von 7″,11.

Aus der Gleichung (II) erhalten wir folgende:

$$c = \frac{t}{\sqrt[3]{p} . \sqrt[6]{l}},$$

wo c eine constante Gröfse vorstellt, welche die Schwingungsdauer eines Stabes von der Gewichts- und Längeneinheit bedeutet. Es kann daher ein Stab seinen Querschnitt und seine Länge, freilich nur innerhalb gewisser Gränzen, verändern, ohne dafs dadurch seine Schwingungsdauer eine Abänderung erleidet. Auch ergiebt sich daraus, dafs die Wirkung der magnetischen Stäbe mit ihrer Masse und Länge bei gleicher Constante zunimmt. Die Kraft wächst nämlich wie der Quadrat der dritten Wurzel der Masse, multiplicirt mit der Kubikwurzel der Länge.

Wir sind durch obige Formeln in den Stand gesetzt die Kräfte magnetischer Stäbe unter einander vergleichen zu können. So ist in den Resultaten des magnetischen Vereins,, Jahrgang 1836, die Schwingungsdauer eines Magnetstabes von 101 Millimeter Länge
142 Grammen Gewicht
auf 6″,67 angegeben. Ich wünschte nun zu wissen, wie nahe dieses mit meinen Versuchen übereinstimmt. Setzt man nun

600 Millimeter = $266\frac{2}{5}$ franz. Linien
560 Grammen = 32 baiersch. Lothen,
so ist das Gewicht des Stabes $8\frac{1}{8}$ Loth
und seine Länge 45 Linien

Nimmt man nun den dreizölligen Stab von 3″,26 zum Maafs, so giebt die Rechnung eine Schwingungsdauer für obigen Stab von 6″,665
Da jedoch die Intensität des Erdmagnetismus in Göttingen etwas gröfser als in Nürnberg ist, so würde dieses Stäbchen hier etwas langsamer schwingen. Genau kann man die Kräfte der magnetischen Stäbe nur dann vergleichen, wenn man ihre Schwingungsdauer für ein und denselben Ort kennt.

So einfach sich obige Gesetze des Magnetismus aussprechen, so schwierig war es dieselben aufzufinden. Es mufsten sehr viele Versuche angestellt werden, wozu über 1000 Pfund Stahl verarbeitet wurden, um jene Uebersichtlichkeit der Werthe zu erhalten, durch welche es möglich wurde, die Erscheinungen unter die Einheit des Gesetzes zu bringen.

II. *Ueber Volkmann's Richtungslinien des Sehens und über die Ursache des Undeutlichsehens außerhalb der Augenaxe;*

von Wilhelm Stamm, Dr. medic.,
pract. Arzte zu Gernsheim am Rhein

Die Gröfse und den Stand des Netzhautbildes im Verhältnifs zur Gröfse, Entfernung und Lage des Gegenstandes im Sehfelde für jedes Auge zu kennen, wäre, als ein Bestandtheil der Lehre vom Sehen, an sich schon wünschenswerth; werthvoller aber würde die Lösung dieses Problems noch dadurch, dafs sie zu weiterem wissenschaftlichen Gewinne führen, dafs namentlich, wenn man die mikroskopischen Untersuchungen der Retina zu Hülfe nähme, sich manches Licht über die Functionen derselben verbreiten würde. Die Berechnung kann uns nie diesen Wunsch befriedigen, da wir niemals weder die Dimensionen noch die Gröfsen der strahlenbrechenden Kräfte des lebendigen Auges erfahren können.

Es haben die Schriftsteller, welche die Lehre vom Sehen behandelten, sich viele Mühe gegeben, Gröfse und Stand der Netzhautbilder zu bestimmen. Ihre Versuche scheiterten. In der neueren Zeit hat Volkmann eine Methode angegeben, die gleichen Zweck hat. Meines Wissens ist dieselbe noch keiner gründlichen oder, — um den trefflichen Arbeiten von Treviranus nicht zu nahe zu treten, — besser gesagt: unbefangenen Prüfung unterworfen worden. Ich habe sie mir deshalb zur Aufgabe gemacht.

Man kann sich von den einzelnen Punkten des Netzhautbildes zu den entsprechenden Punkten des Objectes gerade Linien gezogen denken. Volkmann nannte diese Linien »*Richtungslinien des Sehens*«, und zwar aus dem

Grunde, weil er voraussetzte, daſs wir in der Richtung dieser Linien die Objecte sähen. Allerdings besitzen wir das Vermögen, unsere Gesichtserscheinungen nach auſsen zu versetzen, und unser Tastgefühl überzeugt uns, daſs die gesehenen Gegenstände sich ungefähr an den Stellen unseres Sehfeldes, so wie in der relativen Lage zu einander befinden, wo wir sie, vermöge unserer Eigenschaft des nach Auſsensetzens der Gesichtserscheinungen, als befindlich uns gedacht haben. Es kann hier ganz unerörtert bleiben, worauf sich jene Eigenschaft wohl gründen möchte, denn diese Erörterungen gehören nicht hierher, sie sind vielmehr Aufgabe der Psychologie. Allein das Mittel, mit Hülfe dessen wir die Richtung eines gesehenen Gegenstandes zu unserem Auge, oder, mit anderen Worten, dessen Platz im Sehfelde bestimmen, muſs erkannt werden. Man hat behauptet, daſs wir die Objecte in der Richtung eines gewissen, von ihnen ausgegangenen Strahls sähen. Daſs diese Behauptung wahr ist, werden wir unten sehen; allein dieser Strahl ist keineswegs das Mittel, mit Hülfe dessen wir die Richtuug der Objecte bestimmen, denn es kann seyn, daſs er gar nicht zur Retina, ja nicht einmal zur Hornhaut gelange, und dennoch werden wir über die Richtung des gesehenen Objectes nicht in Zweifel seyn. Davon weiter unten. Volkmann und Andere haben diesen Strahl den »*Richtungsstrahl*« genannt. Ich werde diese Bezeichnung beibehalten. Da eine bestimmte Stelle der Netzhaut nur von einer bestimmten Stelle des Sehfeldes Lichtstrahlen empfangen kann (unter Sehfeld eine Fläche verstanden, für welche das Auge accommodirt ist), und kein Lichtstrahl, welcher von einer andern Stelle des Sehfeldes ausgeht, auf jene Netzhautstelle fallen kann, so ist es klar, daſs, fällt ein Lichtstrahl auf irgend einen Punkt der Retina, mit dessen Perception zugleich die Empfindung des Orts, woher er gekommen, gegeben ist, mag der Lichtstrahl selbst nun in einer Richtung auf die Netz-

haut aufgefallen seyn, in welcher er immerhin wolle. Die Richtung des Sehens hängt hiernach nicht von der Richtung der die Netzhaut afficirenden Lichtstrahlen, sondern von der Lage des afficirten Netzhauttheils ab.

Zwei hinter einander liegende Objecte, welche sich so decken, dafs das hintere für das visirende Auge unsichtbar ist, liegen in einer und derselben Richtung des Sehens, d. h. das hintere Object würde, wenn man das vordere entfernte, in derselben Richtung als dieses gesehen werden, und beide Objecte entwerfen ihre Bilder auf derselben Netzhautstelle, vorausgesetzt, dafs das Auge sich den verschiedenen Entfernungen beider Objecte accommodiren könne. Volkmann behauptet nun, *dafs zwei sich deckende Objecte* (man hat sich hier möglichst kleine Objecte zu denken) *in einer und derselben Richtungslinie lägen.*

Da sämmtliche Richtungslinien, weil das Netzhautbild ein zu den Objecten verkehrtes ist, sich in einem Punkte der Augenaxe durchschneiden müssen, so handelt es sich darum, die Abstände dieses Punktes von der Netzhaut und der Hornhaut zu finden, um alsdann die Gröfse des Winkels, welchen die Richtungslinien mit der Augenaxe machen, messen zu können. Ist dieser Winkel bekannt, so ergiebt sich sehr einfach die Netzhautstelle, auf welche die von einem gewissen Punkte des Sehfeldes ausgegangenen Lichtstrahlen treffen müssen, und eben so leicht die Gröfse des Bildes, welches ein gegebenes Object auf der Netzhaut entwirft.

Volkmann glaubt den Abstand des Durchschneidungspunktes aller Richtungslinien mit der Augenaxe von dem Axenpunkte der vorderen Hornhautfläche für jedes Auge bemessen zu können. Wenn seine Voraussetzung und seine Methode richtig ist, so fehlt nichts mehr als die Kenntnifs des Abstandes jenes Augenaxenpunktes, in welchem die Richtungslinien sich kreuzen, von dem Axenpunkte der Retina, um mit der gröfsten Genauigkeit die

Grösse und den Standpunkt der Netzhautbilder bestimmen zu können. Diese Kenntniss ist freilich am lebenden Auge nicht zu erlangen, indessen könnten wir davon wegsehen: der Gewinn, welchen uns Volkmann verschafft hätte, wäre dennoch gross, da zur Messung kleiner Netzhautbilder es schon hinreicht jene fehlende Grösse durch eine, aus einer Durchschnittsberechnung sich ergebende, zu ergänzen; das Resultat würde sich alsdann nur um ein unendlich Kleines von der Wirklichkeit entfernen. Volkmann hätte uns in den Stand gesetzt, die Netzhautbilder der kleinsten, mit unbewaffnetem Auge noch sichtbaren Gegenstände zu messen. Wie folgenreich, wenn einmal die mikroskopische Anatomie der Retina deren Elementartheile so getreu dargestellt hat, dass kein Zweifel mehr erhoben werden kann.

Doch zur Sache, nämlich zur Prüfung der Volkmann'schen Versuche und Schlüsse. Um Wiederholungen und eine Vermehrung der Zeichnungen zu vermeiden, muss ich den Leser ersuchen, Volkmann's Beiträge zur Physiologie des Gesichtssinnes zur Hand zu nehmen.

Der erste und zweite Versuch Volkmann's (vergl. dessen Beitr. S. 26) sind sich ganz ähnlich, nur gestattet der letztere mehr Genauigkeit, wiewohl auch gegen diesen sich einige Einwendungen machen lassen, deren wichtigste darin besteht, dass vielleicht die Drehscheibe nicht mit der äussersten Sorgfalt gearbeitet war, die nothwendig ist, damit sie sich genau nur um einen einzigen Punkt drehe. Volkmann leitet aus diesen beiden Versuchen nichts weiter ab, als dass es *einen* Punkt im Auge gebe, in welchem alle Richtungslinien sich schneiden müssen, ein Satz, den man auch ohne jene Versuche zugeben müsste.

Der dritte, auf S. 27, und der fünfte, auf S. 28 der Beitr. beschriebene Versuch soll zeigen wie die Bilder zweier, in *eine* Richtungslinie gestellter Flammen in einanderfallen, so dass das kleinere Bild der ferneren

Flamme in dem gröfseren Bilde der näheren Flamme enthalten ist, und dafs diese Bilder bei allen Drehungen des Auges um einen gewissen fixen Drehpunkt nicht auseinanderweichen, während sie sogleich in zwei getrennte Bilder zerfallen, sobald das Auge um einen andern Punkt gedreht wird.

Volkmann nennt die von ihm gesehenen Bilder »*Netzhautbilder*«. Es fragt sich, ob die Flammenbilder, welche er in dem ersten bis fünften Versuche gesehen hat, wirklich immer Netzhautbilder waren? Nach dioptrischen Gesetzen kann nur dann das concentrirte Bild einer Flamme oder eines sonstigen Objectes auf die Netzhaut eines todten Auges fallen, wenn jene in eine bestimmte Entfernung von dem Auge gestellt ist. Eine sogenannte Accommodation, — sie mag nun bestehen worin immerhin, — kann im todten Auge nicht stattfinden. Volkmann sagt aber nirgends, dafs er diejenige Entfernung, in welcher eine vor das von ihm benutzte Kaninchenauge gestellte Kerzenflamme ein concentrirtes Bild auf dessen Netzhaut entwirft, aufgefunden habe. Hat V. diese Entfernung weder absichtlich noch zufällig getroffen, so hat er in seinen Versuchen entweder unreine Netzhautbilder, — sogenannte Zerstreuungsbilder, — oder er hat reine, aber keine Netzhaut-Bilder gesehen. Ich werde die Umstände näher bezeichnen, unter welchen er bald die einen, bald die andern gesehen haben kann.

Auf Taf. III Fig. 1 sey A der Querdurchschnitt des Kaninchenauges, BB' der Querdurchschnitt einer in so weiter Entfernung von dem Auge befindlichen Lichtflamme, dafs deren concentrirtes Bild bb' noch vor die Netzhaut in den Glaskörper fällt; — auf jene fällt also ein Zerstreuungsbild. Der Punkt B der Flamme sendet einen Strahlenkegel kBl zum Auge, der, durch die Pupille gehend, im Punkte b sich wieder vereint. Von da aus weichen die Strahlen wieder auseinander; durch die durchsichtige Netzhaut und Aderhaut dringend divergiren sie

nun, weil sie in ein viel dünneres Medium, die Luft, eintreten, noch weit mehr als auf ihrem Wege von *b* bis zur äufseren Oberfläche des Auges, so dafs der Strahl *Blb* nach *β* und der Strahl *Bkb* nach *o* hingelenkt wird. In eben derselben Weise wendet sich der Strahl *B'kb'* nach *β'* und der Strahl *B'lb'* nach *o'*. Wenn die beiden Strahlen *bo* und *b'o'* in das Auge eines Beobachters fallen können, so wird das ganze concentrirte Flammenbild von demselben gesehen. Der blofse Anblick der Fig. 2 Taf. III belehrt schon, ohne weitere Erklärung, wie das concentrirte Bild eines zu nahen Gegenstandes hinter die Sclerotica fallen mufs, und welche Strahlen von demselben zu dem in *oo'* befindlichen visirenden Auge gelangen können.

Magendie hat ebenfalls Bilder, welche in dem Auge des weifsen Kaninchens von äufseren Gegenständen entworfen werden, durch die durchsichtige hintere Wand dieses Auges hindurch beobachtet, und er bemerkt: »Wenn man die Gröfse des Bildes durch die Entfernung oder Annäherung des Objectes verändert, so sieht man nie einen Unterschied in seiner Schärfe«. (Vergl. Magend. Physiol., übers. von Heusinger, I. S. 56.) Diese Beobachtung bestätigt, dafs man die concentrirten Bilder, sie mögen nun in den Glaskörper, oder die Netzhaut, oder, — bei zu grofser Nähe des Gegenstandes, — hinter die Sclerotica fallen, immer sehen wird, sobald man nur seinem Auge eine passende Stellung giebt. Wenn dagegen das visirende Auge eine ungeeignete Stellung hat, so wird es das scharfe Bild entweder nur theilweise oder gar nicht sehen. Nehmen wir an, das Auge befände sich zwischen *β* und *α* in der Fig. 2 Taf. III. Alsdann können nur von dem Theile des Objectes *BB'*, welcher zwischen *B* und *a* liegt, Lichtstrahlen zum Auge des Beobachters dringen, und dieser sieht auch nur den entsprechenden Theil des Bildes *bb'*, nicht das ganze Bild. Wenn das Auge des Beobachters sich aufserhalb des, zwischen den beiden Linien *bβ* und

$b'\beta'$ (Fig. 2 Taf. III) gelegenen Raums befinden sollte, s sieht er von dem scharfen Bilde gar nichts mehr, wei von demselben gar kein Lichtstrahl mehr in sein Aug dringt. Wohl aber sieht der Beobachter auch bei der letzteren Stellung seines Auges die von der Flamme beleuchtete Stelle der Wandung des Kaninchenauges. Da nämlich diese minder durchsichtig ist als die sie umgebenden Medien, der Glaskörper und die äufsere Luft, so reflectirt sie einen Theil der auf sie fallenden Strahlen und erscheint mit transparenter Beleuchtung.

Die Fig. 3 Taf. III zeigt zwei Segmente des Querdurchschnitts eines und desselben Auges, die jedoch nicht auf einander passen, weil ihre Mittelpunkte auseinanderstehen. Bei c ist der Mittelpunkt des mit A und bei c' der Mittelpunkt des mit A' bezeichneten Segmentes. Die Hornhautkrümmung hh' gehört dem Segmente A und die Hornhautkrümmung $h'h''$ dem Segmente A' an. Beide Krümmungen bilden den Abschnitt eines Kreises, der seinen Mittelpunkt in r hat. Das Verständnifs der Figur ist hiernach leicht. Denke man sich das Segment A um den Punkt r sich drehend und die Drehung den Winkel crc' beschreibend, so wird sein ergänzendes Kreissegment die Stellung einnehmen, welche das Segment A' hat. BB' sey der Querdurchschnitt einer Flamme, welche sich in solcher Entfernung vom Auge befindet, dafs ihr concentrirtes Licht auf die Netzhaut fällt; es wird also vor der Drehung zwischen bb' und nach derselben zwischen pp' zu stehen kommen. Es darf nicht befremden, dafs das Bild bb' weiter von der Hornhaut absteht als das Bild pp'; — denn man mufs berücksichtigen, dafs die Strahlen Bm und Bn, welche sich in b vereinigen, eine gröfsere Vereinigungsweite haben müssen als die weit schiefer auf die Hornhaut auffallenden Strahlen Bq und Bs. Der Strahl Bnb wird, beim Heraustreten aus der Sclerotica vom Ausfallslothe ablenkend, nach β hin, und der Strahl $B'nb'$ nach β' hin seine

Rich-

Richtung nehmen. Befindet sich nun bei β und β' das Auge des Beobachters, so, dafs jene beiden Strahlen noch in dessen Auge hineinfallen können, so wird von demselben das ganze concentrirte Netzhautbild bb' gesehen Die Strahlen des Lichtkegels sBq, welche sich in p vereinigen, werden, wenn sie aus dem Auge in die Luft hinaustreten, zerstreut und so abgelenkt, dafs sie in dem Lichtkegel $\varphi p \pi$ enthalten sind; eben so werden sämmtliche von B' ausgegangene Strahlen in dem Lichtkegel $\varphi' p' \pi'$ enthalten seyn. Das bei $\beta\beta'$ befindliche Auge des Beobachters sieht also das Flammenbild gar nicht, es nimmt blofs wahr, dafs die zwischen pp' gelegene Stelle der Augenwand heller erleuchtet ist als die übrige Augenwand.

Machen wir nun von dieser Erklärung unsere Nutzanwendung auf die Volkmann'schen Versuche. Ich setze den Fall, Volkmann habe die Kerzenflamme in diejenige Entfernung vom Kaninchenauge gebracht, in welcher deren concentrirtes Bild genau auf die Netzhautfläche fällt, so mufste, sobald die verlängerte Axe des Kaninchenauges die Lichtflamme und das Diopterloch in ihrer Mitte durchschnitt, das hinter diesem befindliche Auge das ganze Flammenbildchen wahrnehmen. Allein bei der geringsten Drehung des Kaninchenauges mufste schon ein Theil des Bildes unsichtbar werden. In der Fig. 3 Taf. III geschieht die Drehung in der Richtung von h nach h''. Bei der allergeringsten Drehung in dieser Richtung wird der Strahl $B'nb'\beta'$ durch die vorrükkende Iris abgeschnitten, und vom Bildpunkte b' gelangt nun kein Strahl mehr zum Auge des Beobachters. Rückt nun der Rand i der Iris bei fortgesetzter Drehung so weit vor, dafs er auch den Strahl $Bmb\beta$ abschneidet, so fällt von dem Flammenbilde gar kein Strahl mehr in das Auge des Beobachters; es verschwindet gänzlich dem Blicke, und dafür sieht derselbe nur noch die beleuchtete Augenwandung.

Für die Fig. 4 Taf. III sind die Bezeichnungen dieselben, wie für Fig. 3 Taf. III. Der Gegenstand BB' befinde sich in zu weiter Entfernung vom Auge. Die Strahlen Bm und Bn vereinigen sich deshalb schon im Glaskörper im Punkte b, und die Strahlen $B't$ und $B'u$ in dem Punkte b'. Zwischen bb' liegt also das concentrirte Bild von BB'. Auf die Netzhaut A fällt ein Zerstreuungsbild $\pi\pi'$. Der Strahl Bnb bekommt, wenn er das Auge verlassen hat, die Richtung nach β, und der Strahl $B'tb'$ die Richtung nach β'. Fallen diese beiden Strahlen in das Auge des Beobachters, so wird das ganze Bild bb' gesehen. Nach der Drehung fällt das concentrirte Bild zwischen pp' und davon auf die Netzhaut A' ein Zerstreuungsbild, was die zwischen $\varphi\varphi'$ gelegene Netzhautstelle bedeckt. Kein einziger demselben angehöriger Strahl gelangt zu dem bei $\beta\beta'$ befindlichen Auge des Beobachters. Also sieht dieser das Bild pp' nicht, sondern ihm leuchtet nur die Netzhautstelle $\varphi\varphi'$ entgegen. Die Richtungslinie durchschneidet das Zerstreuungsbild $\varphi\varphi'$ in x. Dieser Punkt x muſs aber dem Punkte φ näher liegen als der Punkt φ'. Dieſs widerspricht der Angabe Volkmann's, welcher bei allen Drehungen des Kaninchenauges das Netzhautbild stets in seiner Mitte von dem in der Richtungslinie befindlichen Haarvisire getheilt gesehen haben will. Das kann aber, wie wir oben gesehen haben, nur seyn, wenn das Object BB' sich in derjenigen Entfernung befindet, in welcher es sein concentrirtes Bild auf die Netzhautfläche wirft; denn es läſst sich auf ganz ähnliche Weise zeigen, wie das Zerstreuungsbild, welches bei zu groſser Nähe des Objectes auf die Netzhaut fällt, ebenfalls bei den Drehungen nicht mehr von der Richtungslinie halbirt werden kann. Sollte Volkmann wirklich diese einzige Entfernung bei seinem zweiten Versuche getroffen, ohne sie gesucht zu haben? Ich halte mich nicht für berechtigt, die getreue Darstellung von Volkmann's

Beobachtungen in Zweifel zu ziehen; ich mufs also an**nehmen**, dafs derselbe bei seinem Versuche die Kerzen**flamme** wirklich in diejenige Weite von dem ihm zum **Versuche** dienenden Kaninchenauge gestellt habe, dafs **sie ein** concentrirtes Bild auf die Netzhaut werfen konnte. **Ich will** diese Weite der Kürze wegen *Netzhautweite* **nennen.** Da nun bei allen Drehungen des Auges die **beleuchtete** Stelle der Augenwandung stets vom Haarvi**sire** in der Mitte getheilt blieb, so kann Volkmann **diefs** nur dadurch bewerkstelligt haben, dafs er das Auge **um** den Mittelpunkt der vorderen Hornhautkrümmung **drehte**, so wie diefs meine dritte und vierte Figur dar**stellt.**

In dem dritten Versuche stellte Volkmann zwei **Kerzenflammen** hinter einander. Von diesen konnte doch **nur** *eine* sich in der Netzhautweite befinden. Es sind **nun** drei Fälle möglich. Der erste Fall: Die nähere **Flamme** befand sich in der Netzhautweite. Vor der **Drehung** mufste Volkmann beide Bilder deutlich se**hen**, und so gestellt, dafs das kleinere Bild der ferne**ren** Flamme genau in der Mitte des grofsen Bildes der **näheren** Flamme lag, Bei der Drehung des Auges mufs**ten** beide Bilder verschwinden, und es war nur noch **die** beleuchtete Augenwand zu sehen. Die Beleuchtung **mufste** da am hellsten seyn, wo das concentrirte und **das** Zerstreuungsbild sich deckten. In der Fig. 5 Taf. III **stellt** AA' die nähere, in der Netzhautweite sich befin**dende**, BB' die fernere Lichtflamme vor. Die Strahlen Am und An vereinigen sich auf der Netzhautstelle a **die** Strahlen $A'o$ und $A'p$ in a'; die Strahlen Bq und Bs vereinigen sich im Glaskörper in b, und die Strah**len** $B't$ und $B'u$ in b'. Diese letzteren Strahlen zer**streuen** sich nun wieder und werfen auf die Netzhaut **ein** zwischen β und β' gelegenes Zerstreuungsbild. Die**ses** liegt nun allerdings im reinen Bilde aa', aber nicht **in** dessen Mitte. Volkmann sagt zwar nicht, dafs er

es so gesehen, er sagt vielmehr: »drehte ich die Sc
so blieb stets das Bild einfach«. Dieser Ausdru
indessen nicht Schärfe genug, um hierauf einen I
gründen zu können. Ueberhaupt verlor Volk
die eigentlichen Bilder aus dem Gesichte, sobald
Drehung vornahm, er sah nachher nichts mehr a
beleuchtete Augenwand, an welcher er höchstens
verschiedenen Beleuchtungsgrad wahrnehmen konn
nachdem sie einfach oder doppelt beleuchtet war.

Der zweite Fall: Die fernere Flamme befan
in der Netzhautweite. In diesem Falle ist das reine
hautbild derselben sehr viel kleiner als das Zerstre
Netzhautbild der näheren Flamme; jenes ist vor de
hung in des letzteren Mitte gestellt, während de
hung nähert es sich aber der Gräuze des gröſsere
des, und zwar in einer, bei gleicher Richtung de
hung, dem vorigen Falle entgegengesetzten Richtu

Der dritte Fall: Keine von beiden Flamme
fand sich in der Netzhautweite;

a) beide sind zu nahe oder zu ferne. Hier i
Auseinanderweichen der beiden Netzhautbilder am
deutendsten;

b) die eine Flamme befand sich zu nahe, d
dere zu ferne. Hier ist das Auseinanderweichen
Netzhautbilder während der Drehung unter allen be
neten Fällen am bedeutendsten.

Die Folgerung Volkmann's (Beitr. S. 27):
jenigen Objecte, welche in gleichem Richtungsst
(Volkmann gebraucht hier dieses Wort für Rich
linie) »liegen, erzeugen Ein Netzhautbild, und n
in der Erscheinung sich decken«, ist also nic
wiesen.

Ich gehe nun zur Prüfung der folgenden Ve
über. Der achte Versuch leidet an einem Gebr
Es ist nämlich schwierig so viele kleine Objecte
Stecknadelköpfe sind, mit einem unverwandten

zu übersehen; mir ist es wenigstens unmöglich, die seitlich liegenden so deutlich wahrzunehmen, dafs ich mich vergewissern könnte, ob die vorderen Stecknadelköpfe die hinteren wirklich decken. Indessen abgesehen von vielleicht individuell verschiedenen Befähigungen, zieht Volkmann aus diesem und dem folgenden Versuche einen Schlufs, welcher auf eine nicht bewiesene Voraussetzung sich gründet. Diese Voraussetzung spricht er in einer Anmerkung auf S. 29 der Beitr. aus, wo er sagt: »Da zwei Körper natürlich nur dann sich decken können, wenn sie in *einem* Sehstrahle« (Volkmann gebraucht dieses Wort für Richtungslinie) »liegen, so beweisen die in vorstehendem Versuche sich deckenden Nadeln, dafs *gg'*, *bb'*, *ff'* wirklich Sehstrahlen sind.«

Allein es wäre erst zu erweisen: *dafs die gerade, zwei sich deckende Objecte verbindende Linie mit den Richtungslinien jener beiden Objecte zusammenfalle.* Volkmann's Versuche am Kaninchenauge haben dieses keineswegs erwiesen, und die Behauptung, dafs wir nicht in der Richtung einer, das Netzhautbild und das Object verbindenden, geraden Linie den Gegenstand sehen, sondern in einer von der Richtungslinie abweichenden Richtung, läfst sich aus Volkmann's bis hierher citirten Versuchen nicht widerlegen. Die Linien *gg'*, *bb'*, *ff'* (vergl. Volkmann's Beitr. Taf. II Fig. 3) dürfen noch nicht für Richtungslinien, sondern nur für Richtungsstrahlen (nach der oben diesem Worte untergelegten Bedeutung) genommen werden, und es bleibt noch zu erweisen, *ob die Richtungslinie und der Richtungsstrahl irgend eines leuchtenden Punktes im Sehfelde aufserhalb dem Auge wirklich in eine Linie zusammenfallen.*

Wenn dieser Beweis erst geführt wäre, dann würde der neunte Versuch (vergl. Volkmann's Beitr. S. 30 folg.) vollkommen geeignet seyn, um den Durchschneidungspunkt sämmtlicher Richtungslinien für jedes Auge

zu finden. Uebrigens läfst dieser neunte Versuc
weit gröfsere Genauigkeit zu als der achte Versu
welchem entweder die vorderen oder die hinter
deln sich nicht in der deutlichen Sehweite befinde
auch keine concentrirten Netzhautbilder entwerfen
darf zwar auch nicht angenommen werden, dafs wi
der Anstellung des neunten Versuches die Haarvi
b und *c* (vergl. Volkmann's Beitr. Taf. II Fig.
immer in der richtigen Sehweite befänden. Der I
grund der beiden Haare mufs ein heller seyn, son
den sie durch die Diopter kaum gesehen, namentli
seitlich in *c* befindliche nicht. Nun ist es schwie
so kleine Gegenstände, wie Haare sind, hinter w
ein heller Hintergrund befindlich ist, das Auge be
in dem geeigneten Accommodationszustande zu erl
Man ist also bei dem Versuche nie gewifs, ob die
visire nicht ein Zerstreuungsbild auf der Netzha
werfen. Dafs man dieselben rein und scharf sieh
weiset nichts, da die Diopterlöcher verhältnifsmäfsi
sehr wenige Strahlen durchlassen, welche auf die
haut, auch bei unrichtiger Accommodation, wenn
sagen darf, doch in so geringe Entfernung von
der fallen, dafs sie ein reines Bild geben, während,
alle übrigen Strahlen durch die Pupille zur Netzha
langen könnten, ein breites Zerstreuungsbild ent
würde. Indessen bringt es keinen Nachtheil, wenn
die Haarvisire sich nicht in der deutlichen Sehwei
finden, wenn man bei der Anstellung des Versuche
auf achtet, dafs die Haarvisire ganz genau in der
der Diopterlöcher erscheinen, denn dann fällt ih
ganz genau auf den Punkt des Zerstreuungsbildes
hin das reine Bild fallen würde, wenn man bei ric
Accommodation des Auges die Haarvisire betrachtete
Fig. 6 Taf. III erläutert diefs. In *a* und *b* befinde
die beiden Haarvisire in zu grofser Nähe, so daf
reinen Bilder erst auf die Punkte *e* und *f* fallen

den, und *a* ein Zerstreuungsbild *gh*, *b* ein Zerstreuungsbild *il* auf der Netzhaut entwerfen. Bei *c* befinde sich ein Diopter, durch welchen ganz allein Lichtstrahlen von *a* aus zum Auge gelangen können. Diese fallen alle auf den Punkt *m* der Netzhaut, oder so nahe demselben, dafs das Bild rein ist, und das Object deutlich gesehen wird, und zwar in der Mitte des Diopters *c*; denn das Lichtbild, welches dieser auf der Netzhaut darstellt, hat seinen Mittelpunkt in *m*. In *d* befinde sich der andere Diopter, welcher allein Lichtstrahlen von *b* in's Auge zuläfst. Diese fallen auf, oder ganz nahe um den Punkt *k* der Netzhaut, und geben auch ein reines Bild von *b*. Wird nun bei dem Standpunkte des Diopters in *d* der Gegenstand *b* gerade in dessen Mitte gesehen, so hat das Lichtbild, welches dieses Diopterloch auf der Netzhaut entwirft, seinen Mittelpunkt in *k*. Gesetzt nun, man gäbe diesem Diopter einen andern Standpunkt, z. B. in *n*, dann fällt der Mittelpunkt seines Lichtbildes nicht mehr in *k*, sondern auf einen Punkt der Netzhaut, der weit entfernter vom Axenpunkte *m* der Netzhaut als *k* ist; umgekehrt fällt bei diesem Standpunkte des Diopters in *n* das Bild von *b* auf den Punkt *l* der Netzhaut, also näher bei *m* als vorher. Das Bild von *b* und der Mittelpunkt des Lichtbildes des Diopterloches gehen also bei Verschiebungen des Diopters nach entgegengesetzten Richtungen auseinander, und es wird hiernach begreiflich, wie bei der allergeringsten Verschiebung von *d* der Gegenstand *b* nicht mehr in dessen Mitte gesehen wird. Verlängert man die von dem Mittelpunkte des Diopters *d* nach *b* gezogene gerade Linie rückwärts nach *p*, und versetzt das Haarvisir von *b* nach *p*, wornach es in die deutliche Sehweite kommen soll, so mufs sein scharfes Bild nach *k* fallen, und es mufs in der Mitte des Diopterloches gesehen werden. Da der Abstand des Haarvisirs *a* in demselben Verhältnisse gröfser werden mufs, so bleibt das Resultat der Rechnung dasselbe, und es ist

hiernach völlig gleichgültig, ob die Haarvisire *a* und *b* sich in der Weite des deutlichen Sehens befinden, oder ob nicht. Allein eine andere Frage ist die, *ob die Linien br und rk in eine Gerade zusammenfallen?* Wenn diefs nicht der Fall ist, so ist Volkmann's Rechnung falsch. Volkmann setzt diefs voraus, bleibt aber, wie schon bemerkt, den Beweis schuldig. Der Beweis wäre sehr leicht zu führen, wenn man die Wahrheit eines Satzes anerkennen will, den Volkmann später zu beweisen sucht, — den nämlich, *dafs das Auge um einen unbeweglichen Punkt der Augenaxe durch seine Muskeln gedreht werde, welcher da liegt, wo die verlängerte Linie br die Augenaxe schneidet.* Dann brauchte man nur den Blick zu verwenden, so dafs *b* in die Sehaxe zu liegen kommt; — sieht man alsdann, was auch wirklich der Fall ist, *b* noch in der Mitte des Diopters *d*, so ist der Beweis geliefert, dafs die Linien *br* und *rk* keinen Winkel, sondern eine einzige Gerade bilden. Denn bei der Drehung des Auges mufs, unter obiger Voraussetzung, der Axenpunkt *m* der Netzhaut in die Linie *re* fallen, damit auch jetzt noch der Mittelpunkt des Lichtbildes des Diopterloches *d* und das Bild des Haarvisirs *b* auf einem Netzhautpunkt zusammentreffen können. Bei dieser Stellung des Auges mufs aber die von dem Haarvisire *b* durch die Mitte des Diopters nach seinem Netzhautbilde gezogene Linie eine Gerade seyn, denn sie ist die Sehaxe selber; daraus folgt aber, dafs die Linie *brk* auch eine Gerade ist. Die Linie *br* ist eine, zwei leuchtende Punkte, nämlich die Mitte des Diopters und einen Punkt in der Länge des Haarvisirs verbindende gerade Linie, und da jene beiden Punkte sich decken, so ist *br* deren Richtungsstrahl, — gemäfs meiner obigen und auch der von Volkmann in Poggendorff's Annalen, Bd. XXXXV S. 209, gegebenen Definition dieses Wortes. Es fragt sich nun, ob dieser Strahl durch die Hornhaut eine Abweichung von seiner Rich-

tung erhalte, oder ob er ungebrochen durch die Hornhaut hindurchtrete, wie Mile behauptet, in wie weit die Linse etwa ebenfalls verändernd auf seinen Gang einwirke, und endlich, ob er an eben derselben Stelle der Netzhaut anlange, an welcher er angelangt seyn würde, wenn er gar nicht von seiner ursprünglichen Richtung abgewichen, d. h. wenn er ungebrochen durch sämmtliche Augenmedien hindurchgegangen wäre. Trifft er wirklich auf diese Stelle der Netzhaut, so folgt, dafs der Richtungsstrahl zweier sich deckender Punkte und deren respective Richtungslinien aufserhalb dem Auge ineinanderfallen, identisch sind, und nur innerhalb des Auges, in sofern der Richtungsstrahl Brechungen erleidet, auseinanderweichen. In diesem Falle bietet der Volkmann'sche Gesichtswinkelmesser ein Mittel dar, für alle nicht zu weit von der Mitte des Sehfeldes sich entfernende Richtungslinien die Richtung, den Punkt, wo sie die Augenaxe durchschneiden, und den Winkel, welchen sie mit dieser machen, zu bestimmen, also auch den Punkt der Netzhaut zu finden, auf welchen derjenige Lichtstrahl, welcher in dem, aufserhalb dem Auge gelegenen Theile der Richtungslinie verläuft, auffallen mufs, wobei Ungenauigkeiten nur dadurch bedingt werden, dafs man die Länge der Augenaxe für jedes Auge nur approximativ bestimmen kann. Es ist also der oben ausgesprochene Satz, dafs Richtungslinie und Richtungsstrahl aufserhalb des Auges identisch seyen, folgenreich; seine Wahrheit hängt aber, wie oben bemerkt, von der Erweisbarkeit des andern Satzes, dafs ein fixer Drehpunkt des Auges vorhanden, und dafs dieser zugleich der Durchschneidungspunkt sämmtlicher, in gerader Richtung bis zur Augenaxe verlängerten, Richtungsstrahlen sey; denn ist er diefs wirklich, so trifft, wie ich oben gezeigt habe, die geradlinige Fortsetzung des Richtungsstrahls die Netzhaut an derselben Stelle, welche der wirkliche Strahl, auch wenn er gebrochen wird, treffen mufs, — und die

Richtungslinie ist alsdann identisch mit jener geradlinigen Fortsetzung des Richtungsstrahls.

Die Beweise, welche Volkmann in dem fünften Kapitel seiner Beiträge für jenen Satz vorbringt, sind leider unzulänglich. Allerdings beweist Volkmann, daſs unser Auge von seinen Muskeln um einen unbeweglichen, in der Augenaxe befindlichen Punkt rotirt werde, — er beweist aber nicht, dafs dieser Punkt zugleich der Kreuzungspunkt sämmtlicher Richtungslinien sey. Jenen Beweis gründet er auf die Thatsache, dafs zwei in der Sehaxe befindliche, sich daselbst deckende Objecte bei allen Bewegungen unseres Auges sich nicht aufdecken. Diese Thatsache ist indessen in Zweifel gezogen worden. Der Versuch, welchen Volkmann, S. 35 der Beiträge, mittheilt, ist auch nicht ganz geeignet die Richtigkeit derselben aufser Zweifel zu setzen. Mile beruft sich in Poggendorff's Annalen, Bd. XXXXII S. 69, auf eine Erscheinung, welche beweisen soll, dafs bei den Augenbewegungen die sich deckenden Objecte sich wieder aufdecken. Diese Erscheinung ist folgende: Richtet man das Auge auf eine Lichtflamme und schiebt vor das Auge ein Kartenblatt so, dafs dadurch eben die Flamme unsichtbar wird, so erscheint sie doch, wenn man das Auge von der Karte etwas abwendet, und zwar neben der Karte stehend.

Mile bemerkt hierzu (a. a. O, S. 70): »Wenn in dieser Augenlage die Bilder der Flamme und des Kartenrandes sich noch wie früher decken sollten, so dürfte die Flamme nicht erscheinen«. Volkmann, die Thatsache anerkennend, sucht den daraus entnommenen Einwurf gegen seine Theorie durch folgende Erklärung zu beseitigen. (Vergl. Poggendorff's Ann. Bd. XXXXV S. 223.) In der von Volkmann entworfenen Figur (a. a. O. Taf. II Fig. 5) sey A das Auge, P die Pupille, c der Kreuzungspunkt der Richtungslinien und zugleich der unbewegliche Punkt, um welchen das Auge sich bewegt:

kk' sey die undurchsichtige Karte; FF' die Kerzenflamme. Der leuchtende Punkt F würde auf der Netzhaut bei n, der leuchtende Punkt F' bei m sein Bild entwerfen; also ist mn die dem Netzhautbildchen der Flamme zugehörige Stelle. Nun kann aber dieses Netzhautbildchen nicht gebildet werden, weil bei der Stelle der Pupille P hinter der Karte kk' kein einziger Lichtstrahl der Kerze in's Auge fällt. Die Stelle mn der Netzhaut empfängt einen Theil des Kartenbildes, und zwar von dem zwischen $k'k''$ gelegenen Theile der Karte. Jetzt wende sich das Auge um seinen Drehpunkt c, so dafs die Pupille in die Gegend von p zu stehen kommt. Bei dieser Stellung der Pupille und der Karte können Lichtstrahlen der Flamme in der Richtung Fp und $F'p$ in's Auge fallen, welche bezüglich nach m und n hin gebrochen werden. Die Netzhautstelle mn empfängt nun zwei Bilder, eins von dem Kartenrande $k'k''$ und eins von der Flamme FF'. Da das Flammenbildchen von strahlendem Lichte gebildet ist, so mufs es in der Empfindung vorherrschen. Von dem dunkeln Kartenbilde mo kommt der zwischen mn befindliche Theil nicht zur deutlichen Empfindung, daher scheint das Flammenbildchen neben dem Kartenrande zu stehen.

Mile verwahrt sich gegen eine solche Erklärung, indem er (a. a. O. S. 70) sagt: »Man könnte vermuthen, dafs die zwei Scheiben« (Bilder) »von den Objecten auch jetzt noch gerade aufeinanderfallen, die lichte aber nur gefühlt werde. Dafs diese Vermuthung aber nicht gegründet sey, zeigt der Versuch mit umgekehrt beleuchteten Objecten; wenn man z. B. ein Licht neben dem Auge so stellt, dafs die vordere Kartenfläche beleuchtet wird und man sie vor einen dunkeln Streifen schiebt, so kommt dieser dennoch zum Vorschein, sobald man das Auge abwendet. Auch gleichbeleuchtete oder verschiedenfarbige Flächen geben dasselbe Resultat, nur ist die Verschiebung schwieriger zu sehen«.

Volkmann bemerkt nun hierzu (Poggendorff's Annal. Bd. XXXXV S. 224): Man dürfe nicht verlangen, dafs das helle Bild des vorderen Gegenstandes das dunkle des hinteren ganz verdränge, dazu sey das Licht der Karte viel zu wenig glänzend, und das Bild der Kohle (er nahm eine solche als hinteren Gegenstand) viel zu tief schattig. Licht und Schatten glichen sich auf der Netzhautstelle *mn* in so weit aus, dafs das Kartenbild hier dunkler, oder, was dasselbe sage, das Kohlenbild heller erscheine, daher sähe man neben der hellen Karte eine in's Graue spielende Kohle. Wenn Volkmann's Erklärung durchaus richtig wäre, dann dürften gleich beleuchtete Flächen nicht dasselbe Resultat liefern. Ich nehme zwei schwarz eingebundene Bücher von gleicher Gröfse, stelle sie so hinter einander, dafs das vordere das hintere ganz verdeckt; verwende ich nun den Blick nach rechts, so sehe ich das hintere, wegen seiner gröfseren Entfernung kleiner erscheinende, neben dem rechten Rande des vorderen Buches hervorragen. Ich stelle eine blaue Fläche vor eine gelbe, so dafs der rechte Rand der ersteren die letztere dem Blicke gerade verbirgt. Verwende ich nun den Blick nach rechts, so erscheint die gelbe Fläche ganz deutlich neben der blauen, und nicht eine grüne, wie man nach Volkmann's Erklärung vermuthen sollte. Doch man kann diese weiteren Beobachtnngen ganz unberücksichtigt lassen, und schon aus der zuerst erzählten zeigen, dafs wenigstens der Schlufstheil der Volkmann'schen Erklärung unrichtig ist. Die Figur der Lichtflamme ist eine andere als die des Kartenblatts; das Netzhautbild des Kartenblatts ist auch weit höher als das der Flamme. Daher müfste, wenn Volkmann's Erklärung richtig wäre, die Flamme von dem Kartenblatte oben und unten, und auch noch zum Theil auf der äufseren Seite und jedenfalls auf der inneren Seite der Flamme begränzt erscheinen, mit einem Worte: die Flamme müfste durch das Kartenblatt hindurchscheinen.

So ist es aber durchaus nicht; im Gegentheil tritt bei dem Versuche die Flamme ganz aus der Karte heraus; ja man bemerkt, wenn man statt der Flamme einen ganz kleinen, glänzenden Körper, z. B. eine Stecknadel, wählte, zwischen dem Kartenrande und der Nadel noch ein Zwischenfeld. Wohl aber sieht man die Flamme oder die Stecknadel durch das Kartenblatt nahe seinem Rande hindurchschimmern, wenn man diesen nur ganz knapp verschiebt, und nun den Blick auf diesen Rand selber richtet. Für diese Erscheinung pafst Volkmann's Erklärung vollkommen. Die Flamme sendet noch Lichtstrahlen am Kartenrande vorbei, diese werden durch die Hornhaut gebrochen, und können noch zum Theil durch die Pupille dringen und von der Flamme ein Bild auf den mittleren Theil der Netzhaut entwerfen, auf welchen auch ein Stückchen des Kartenbildes fällt. Wo beide Bilder sich decken, da entsteht eine gedämpfte Empfindung des hinteren Gegenstandes, sey dieser nun glänzender oder sey er dunkler als der vordere. Man kann sogar den Rand der Karte so weit verschieben, dafs man ihn den hinteren Gegenstand noch überragen sieht, und dieser in der Karte gewissermafsen eingerahmt erscheint. Alsdann mufs freilich der hintere Gegenstand ein intensiveres Licht haben als die Karte. Diese scheinbare Durchsichtigkeit der Karte offenbart sich nur dann, wenn man an ihrer deckenden Seite einen doppelten Rand gewahrt, einen inneren, bis zu welchem die Karte ganz undurchsichtig ist, und einen äufseren Rand, welcher einen zwischen beiden Rändern gelegenen schmalen, halbdurchsichtigen Streifen begränzt. Durch diesen Streifen allein vermag man einen dahinter liegenden hellen Gegenstand zu erkennen. Dieser Streifen ist das Zerstreuungsbild der zu nahe vor das Auge gehaltenen Karte, es ist derjenige Theil des Netzhautbildes der Karte, welcher, wie die seitlichen Theile aller Zerstreuungsbilder, von verhältnifsmäfsig nur wenigen Strahlen gebildet wird,

und deshalb nur eine matte Empfindung bewirkt. Es ist aber bekannt, dafs, wenn Zerstreuungs- und concentrirte Bilder auf *eine* Netzhautstelle fallen, jene nicht mehr wahrgenommen werden, selbst wenn sie von näheren Objecten als diese herrühren. Diefs erklärt das ganze Phänomen. Entfernt man daher die Karte von dem Auge auf deutliche Sehweite, so sieht man keinen dahinterliegenden Gegenstand mehr durch dieselbe hindurch, auch selbst diejenigen Gegenstände nicht, welche hinter deren Rand so verborgen sind, dafs sie noch Lichtstrahlen durch die Pupille senden können, und seyen sie auch noch so glänzend. Denn jetzt entwirft die Karte ein scharfes Bild auf der Netzhaut und die dahinterliegenden Objecte entwerfen Zerstreuungsbilder. Eben so mufs man auch in dem Mile'schen Versuche das Kartenblatt so nahe vor das Auge halten, dafs jener doppelte Rand gesehen wird. Schiebt man nun die Karte so weit vor, dafs, wenn der Blick auf der Karte selbst ruht, der innere undurchsichtige Rand die dahinterstehende Flamme gänzlich verbirgt, so springt diese dennoch bei einer nicht bedeutenden Verwendung des Blicks ganz frei hervor, aber nicht über den äufsern Rand des durchsichtigen Streifens. Dieser durchsichtige Streifen, das durch Zerstreuung der Strahlen entstandene Doppelbild des Kartenrandes, wird nämlich, weil es auf seitliche Theile der Netzhaut fällt, gar nicht mehr wahrgenommen, sondern blofs das reine Bild der Flamme oder jedes andern Gegenstandes, auch wenn er tiefschwarz, mattgrau oder von der Farbe der Karte ist, darauf kommt es gar nicht an. Dieser durchsichtige Streifen wird, wenn er in dem mittleren Theil des Gesichtsfeldes liegt, noch deutlich wahrgenommen, deshalb birgt er auch den dahinterliegenden Gegenstand noch in etwas; er ist auch wahrscheinlich schmäler als er seyn wird, wenn er im seitlichen Theile des Gesichtsfeldes liegt. Diefs kann man daraus schliefsen, dafs man in dem letzteren Fall gar nicht mit Schärfe wahrnehmen

kann, wo die Karte anfängt undurchsichtig zu werden, die Erscheinung eines doppelten Randes verliert sich hier ganz. Die Volkmann'sche Erklärung ist also in sofern richtig als allerdings nach der seitlichen Bewegung des Auges die Pupille eine Stellung erhält, in welcher nun Lichtstrahlen von dem hinteren Gegenstande durch dieselbe hindurchdringen und ein Bild von diesem auf der Netzhaut entwerfen können, was bei ihrer vorherigen Stellung nicht möglich war; — sie ist ferner in sofern richtig als sie die Deckung der beiden Netzhautbilder anerkennt; nur darin ist sie falsch, dafs sie eine aus beiden Bildern gemischte Empfindung annimmt. Die Falschheit dieser Annahme geht aus folgender Modification des Versuchs hervor. Man schiebe den Kartenrand in einer Entfernung vom rechten Auge, in welcher man deutlich sieht, von links nach rechts vor die noch viel weiter entfernte Lichtflamme, so dafs diese, wenn man den Kartenrand fixirt, nicht mehr gesehen wird, sogleich aber theilweise zum Vorschein kommt, sobald man die Karte nur eine Linie breit wieder nach links schiebt. Alsdann bewege man das Auge nach rechts und fixire einen Gegenstand, welcher eben so weit vom Auge entfernt ist als die Karte. Man wird von der Flamme nichts gewahr. Es ist nach der obigen Erklärung augenfällig, dafs bei dieser Stellung des Auges Strahlen von der Flamme durch die Pupille gehen müssen, ihr Glanz überwiegt den Glanz der Strahlen, welche die Karte aussendet, — und dennoch bewirken sie keine Empfindung, weil diese zerstreuten Strahlen auf ein concentrirtes Bild fallen. Fixirt man dagegen nach der seitlichen Bewegung des Auges einen mit der Flamme gleich weit von jenem entfernten Gegenstand, dann sieht man diese sogleich neben dem Kartenrande vorspringen, jedoch nur theilweise, — man sieht nur einen schmalen Streifen derselben, und diefs aus dem Grunde, weil die doch ziemlich ferne Karte zwar ein Zerstreuungsbild, aber kein breites, auf der

Netzhaut entwirft, so dafs also auch der halbdurchsichtige Streifen am Kartenrande weit schmäler als bei gröfserer Nähe der Karte ist.

Das Resultat dieser Erörterungen stimmt mit dem Volkmann'schen ganz überein. Mile's Behauptung, der bisher besprochene Versuch beweise, dafs die sich deckenden Netzhautbilder zweier Objecte aufhörten sich zu decken, auseinanderwichen, wenn das Auge durch seine Muskeln bewegt werde, ist falsch, vielmehr spricht dieser Versuch für das Gegentheil.

Volkmann hat, um dasselbe zu beweisen, noch einen andern Versuch angestellt, welchen er in Poggendorff's Annalen, Bd. XXXXV S. 222, beschreibt. Ein leicht zu verbesserndes Gebrechen dieses Versuchs ist, dafs Volkmann beide Spalten gleich schmal machte; der fernere Lichtstreifen erscheint auf diese Weise viel schmäler als der nähere, was der genauen Beobachtung des etwaigen Auseinanderweichens der beiden Lichtstreifen hinderlich ist. Ich habe diesen Versuch nachgeahmt, nur modificirte ich ihn folgendermafsen: Ich beklebte zwei Glascylinder mit schwarzem Papier. Bei dem einen liefs ich aber eine einen halben Zoll breite, bei dem andern eine zwei Linien breite Spalte frei. In die Cylinder brachte ich brennende Kerzen. Den Cylinder mit der breiteren Spalte stellte ich in so weite Entfernung von dem mit der schmäleren Spalte, dafs der Lichtstreifen des letzteren, 20″ vom Auge entfernten Cylinders eben so breit erschien als der hintere Lichtstreifen. Die Stellung der beiden Cylinder war so, dafs beide Lichtstreifen in einander übergingen, einen einzigen zu bilden schienen. Ich mufs jedoch bemerken, dafs einer der Lichtstreifen, sobald ich den andern fixirte, stets etwas breiter wurde und an Schärfe der Umrisse verlor, — weil er ein Zerstreuungsbild auf der Netzhaut entwarf. Da jedoch die seitlichen Theile eines Zerstreuungsbildes, als dessen undeutlichster Theil, wenn dasselbe auf seitliche Stellen

der

der Netzhaut fällt, gar nicht wahrgenommen zu werden scheinen, so hat wahrscheinlich dieser Umstand der Genauigkeit des Versuchs keinen Eintrag gethan. Dieser Versuch lieferte mir übrigens dasselbe Resultat wie Volkmann. Nur muſs ich bemerken, daſs ich den Blick nicht weit verwenden durfte, sonst war es mir nicht mehr möglich deutlich wahrzunehmen, ob die beiden hellen Spalten wirklich noch in einer geraden Linie standen. Die seitliche Augenbewegung durfte höchstens einen Winkel von 17° beschreiben. — Verweilen wir noch einen Augenblick bei diesem Versuche.

Denken wir uns aus der Mitte des unteren Randes des oberen ferneren Lichtstreifens eine Linie durch die Mitte des oberen Randes des unteren, näheren Lichtstreifens gezogen und bis zur Hornhaut verlängert; nennen wir den Anfangspunkt jener Linie den leuchtenden Punkt *a*, und den Punkt, in welchem jene Linie den näheren Lichtstreifen durchschneidet, den leuchtenden Punkt *b*. Die Bilder beider Punkte fallen auf einen und denselben Punkt der Netzhaut. Nur einer von jenen beiden leuchtenden Punkten kann sich in der Weite des deutlichen Sehens befinden; es sey dieſs der Punkt *a*, — der andere *b* muſs also mehr oder weniger groſse concentrische Zerstreuungskreise auf der Netzhaut entwerfen, deren Mittelpunkt das reine Bild von *a* einnimmt. Der, beiden leuchtenden Punkten gemeinschaftliche, Richtungsstrahl fällt auf das reine Bild von *a*, also auch in die Mitte der Zerstreuungskreise von *b*. Von allen Strahlen, welche ein leuchtender, auſserhalb der Weite des deutlichen Sehens befindlicher Punkt zur Hornhaut sendet, kann nur der in die Mitte des aus Zerstreuungsstrahlen bestehenden Netzhaut-Kreisbildes fallen, welcher senkrecht auf der Netzhaut steht. *Mithin stehen alle Richtungsstrahlen senkrecht auf der Hornhaut.* Da der in Rede stehende Versuch unläugbar beweist, daſs das concentrirte Bild von *a* bei nicht bedeu-

tenden Bewegungen des Auges nach rechts oder links nicht aus der Mitte des Zerstreuungsbildes von *b* herausrückt, so folgt weiter, dafs bei den Muskelbewegungen des Auges, wenigstens gewifs solchen, welche keinen zu grofsen Winkel beschreiben, alle leuchtenden Punkte im Sehfelde ihren Richtungsstrahl beibehalten, dafs, mit anderen Worten, *ein Strahl, der senkrecht auf der Hornhaut stand, auch auf derselben bei den Augenbewegungen senkrecht stehen bleibt.*

Mile hat schon diese Ansicht ausgesprochen. Er sagte: »Wollte man annehmen, die Richtungsstrahlen ständen nicht senkrecht auf der Cornea, so würde ihnen der Charakter mangeln, von ihren Lichtpunkten zusammenfallende Bilder auf der Retina zu liefern« (Poggendorff's Annalen, Bd. XXXXII S. 53). Mile läfst aber unberücksichtigt, dafs die zu nahen und die zu fernen Lichtpunkte Zerstreuungskreise auf der Netzhaut entwerfen, und nur der einzige Punkt, welcher sich genau in der Weite des deutlichen Sehens befindet, ein concentrirtes Bild dahin entwirft. Es galt zu beweisen, dafs dieses letztere in den Mittelpunkt der Zerstreuungskreise falle, und dafs diese concentrisch seyen, d. h. einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt haben. Der obige Versuch beweist diefs aber. Denn wenn die beiden Lichtstreifen, anfänglich in der Sehaxe des visirenden Auges sich befindend, als ein einziger gerader Lichtstreifen erscheinen, wenn nach der Seitwärtswendung des Auges, — wobei dieses, weil es im Dunkeln keinen Gegenstand fixiren kann, für die Ferne, und also für die ferneren Lichtstreifen, sich unwillkührlich accommodirt, und wobei der nähere Lichtstreifen sich verbreitert und seine Umrisse an Schärfe verlieren, — wenn man dennoch deutlich sieht, wie der fernere Lichtstreifen auf dem mittleren Theile des oberen Randes des näheren steht, — so führt uns ein kurzes Nachdenken zur Anerkennung des obigen Satzes.

Soll ein senkrecht auf die Hornhaut auffallender Strahl bei den Muskelbewegungen des Auges diese Stellung beibehalten, so mufs sich das Auge, wenn seine Hornhaut eine sphärische Gestalt hat, um den Mittelpunkt der vorderen Hornkautkrümmung drehen, — wenn dagegen die Hornhaut ein Ellipsoid ist, so müssen sehr viele Drehungspunkte seyn, weil die Normalen des Ellipsoids sich nicht in einem Punkte schneiden. Es würde eine unnütze Abschweifung seyn, die krumme Fläche zu beschreiben, in welcher sämmtliche Drehungspunkte nothwendig liegen müssen. Volkmann behauptet indessen, dafs das Ochsenauge, welches nach Senff's Untersuchung eine ellipsoïdische Hornhaut haben soll, einen fixen Drehungspunkt habe. Er stützt seine Behauptung auf einen in Poggendorff's Annalen, Bd. XXXXV S. 212 bis 215 mitgetheilten Versuch. Derselbe ist in der nämlichen Weise angestellt, wie der zweite Versuch mit dem Kaninchenauge, der oben besprochen wurde. Meine obigen Bemerkungen zu diesem Versuche gelten auch hier. Ueberdiefs ist es eine reine Unmöglichkeit, dafs das concentrirte Bild, welches eine ellipsoïdische Fläche von einem Gegenstande entwirft, bei der Drehung derselben um einen fixen Punkt stets an derselben Stelle verbleiben solle, wie diefs Volkmann gerne aus seinem Versuche ableiten möchte. Es widerspricht eine solche Behauptung so ganz den unumstöfslichen Gesetzen der Dioptrik, dafs es eine müssige Arbeit seyn würde, jene nur widerlegen zu wollen. Uebrigens will ich die Wahrhaftigkeit des Berichtes, welchen Volkmann von seinem Versuche macht, nicht antasten; im Gegentheil will ich versuchen, Volkmann als getreuen Beobachter zu rechtfertigen, ohne mich dabei, wie ich hoffe, gegen die Gesetze der Dioptrik zu versündigen.

In der Fig. 7 Taf. III stelle A die Peripherie des Querdurchschnitts des Ochsenauges, dessen Axe in der Richtungslinie RR sich befindet, dar; A' ist die Peripherie des-

selben Querdurchschnitts, nachdem das Auge um den Winkel Rrh gedreht worden ist; r ist also der fixe Drehungspunkt und zugleich derjenige Punkt, worin die Normalen der Hornhautpunkte m und n die Augenaxe schneiden. EL ist eine elliptische Linie, deren kleine Axe in die Axe des Auges A fällt und deren Mittelpunkt sich in c befindet. Der Theil EH dieser elliptischen Linie ist ein zur Peripherie A gehöriger Querdurchschnitt der Hornhaut. $E'H'$ ist derselbe Querdurchschnitt der Hornhaut, welcher aber zur Peripherie A' gehört. Der Punkt h ist der Axenpunkt dieser Hornhaut und zugleich der Durchschneidungspunkt der beiden elliptischen Linien EL und $E'H'$. Die gerade Linie rh ist Normale des der elliptischen Linie $E'H'$ angehörigen Punktes h, und die gerade Linie $r'h$ ist Normale des der elliptischen Linie EL angehörigen Punktes h [1]). $B'B$ ist der Querdurchschnitt der Kerzenflamme. Nehmen wir zuvörderst an, dieselbe befinde sich in derjenigen Weite vom Auge, in welcher ihr concentrirtes Bild genau auf die Netzhaut fällt, und die von dem Lichtpunkte B aus auf die Hornhaut EH zwischen m und n einfallenden Strahlen vereinigten sich sämmtlich in dem Punkte b der Netzhaut A und die in dem Lichtkegel $nB'm$ enthaltenen Strahlen vereinigten sich in b', so ist bb' das concentrirte Netzhautbild von BB'. Lassen wir nun um den Punkt r die Drehung vor sich gehen und dieselbe den Winkel Rrh beschreiben. Der Punkt h gehört, wie ich oben anschaulich zu machen suchte, zwei Ellipsoïden an. Lassen wir auf denselben einen Lichtstrahl $B'h$ fallen. Für die Ellipsoïde EL ist der Sinus des Einfallswinkels gleich dem Sinus $\angle r'hB'$, für die Ellipsoïde $E'H'$ ist der Sinus des Einfallswinkels gleich dem Sinus $\angle rhB'$. Das Brechungsverhältnifs ist für beide Ellipsoïden natürlich gleich. Da nun Sinus $\angle rhB' <$ als Sinus $\angle r'hB'$, so wird der Strahl $B'h$, wenn er

1) Ich mufs bemerken, dafs der Punkt r' durch Rechnung und möglichst genaue Messung in der Figur bestimmt worden ist.

von der Ellipsoïde EL gebrochen würde, mehr von seiner Richtung abgelenkt werden als diefs durch die Hornhaut $E'H'$ geschieht. Gesetzt der Strahl $B'h$ werde von der Ellipsoïde EL so gebrochen, dafs er in β' auf die Netzhaut A' fällt, so kann der von der Ellipsoïde $E'H'$ gebrochene Strahl $B'h$ nicht eben dahin, sondern etwa nach γ' gebrochen werden. Aus demselben Grunde wird der Strahl Bh nicht nach β, sondern nach γ abgelenkt. Demnach fällt nach der Drehung um den Punkt r und bei einem Drehungswinkel gleich Rrh das reine Bild der Flamme auf die Netzhautstelle $\gamma'\gamma$. Dieses kann von der Richtungslinie RR' nicht in seiner Mitte durchschnitten werden. Dieses Resultat steht im Widerspruch mit Volkmann's Beobachtung.

Nehmen wir nun an, die Flamme BB' befinde sich in einer so weiten Entfernung vom Auge, dafs ihr reines Bild in dem Glaskörper, und zwar vor der Drehung zwischen $\delta\delta'$, nach der Drehung zwischen $\varepsilon\varepsilon'$ zu stehen komme. Dann wird nach der Drehung ein Zerstreuungsbild auf die Netzhaut fallen, welches eine noch etwas gröfsere Netzhautfläche als die zwischen $\beta\beta'$ bedecken, und ziemlich genau in seiner Mitte von der Richtungslinie RR' durchschnitten werden wird. Hier haben wir also ein mit Volkmann's Beobachtung übereinstimmendes Resultat. Der Punkt r ist aber nicht der einzige Drehpunkt, wobei man dieses Resultat erhält; auch andere Punkte der Augenaxe sind hierzu geeignet; man mufs nur die Entfernung der Flamme auf entsprechende Weise ändern. Im Allgemeinen mufs man dieselbe um so weiter vom Auge entfernt stellen, je näher der gewählte Drehungspunkt dem Axenpunkte der Netzhaut ist, und umgekehrt mufs man die Flamme dem Auge um so näher bringen, je näher der gewählte Drehungspunkt dem Axenpunkte der Hornhaut ist. Die Sache hat jedoch ihre Gränzen, die ich indessen nicht bestimmen kann, ohne mich in ungehörige Details einzulassen.

Volkmann *führt in seinen* Beiträgen zur Physio-

logie des Gesichtsinnes noch zwei weitere Beweise, S. 36 bis 40, auf, welche allerdings vollkommen genügen den Satz, daſs unser Auge durch seine Muskeln um einen unbeweglichen Punkt rotirt werde, zu erweisen, welche aber zur Beweisführung des weiteren Satzes, daſs dieser fixe Drehpunkt der Kreuzungspunkt sämmtlicher Richtungslinien sey, nichts beitragen.

Mile hat, obwohl er von Volkmann's Ansichten darin abweicht, daſs er den Drehungspunkt des Auges in den Mittelpunkt der Scleroticakrümmung und den Kreuzungspunkt der Richtungslinien in den Mittelpunkt der Cornea versetzt, dennoch eine Ansicht ausgesprochen welche der Volkmann'schen sehr günstig ist. Er zeigt nämlich, wie die Richtungsstrahlen, d. h. alle senkrecht auf die Hornhaut auffallenden Strahlen im Zickzack durch die Linse hindurchgehen müssen, und wie es wahrscheinlich sey, daſs der Richtungsstrahl beim Uebergang aus der Linse in den Glaskörper eine Richtung bekomme, in Folge deren er gerade auf denselben Punkt der Retina treffe, wohin er gelangt seyn würde, wenn er gänzlich ungebrochen durch die Augenmedien gegangen wäre. Er nimmt nämlich an, daſs die Richtungsstrahlen ungebrochen durch die Hornhaut und die wäſsrige Augenflüssigkeit hindurchgehen, was übrigens nur der Fall seyn kann, wenn die hintere Fläche der Hornhaut mit der vorderen einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt hat, oder wenn die wäſsrige Augenflüssigkeit mit der Hornhaut gleiche brechende Kraft hat. Ferner wird hierbei vorausgesetzt, daſs der Mittelpunkt der Hornhaut nicht hinter dem Mittelpunkte der vorderen Fläche der Linse liege. Vorausgesetzt wird ferner, daſs die gläserne Flüssigkeit dieselbe brechende Kraft habe als die wäſsrige. Unter diesen Voraussetzungen würde, wenn die hintere Linsenfläche mit der vorderen gleichen Radius hätte, der aus der Linse heraustretende Richtungsstrahl mit dem in dieselbe eintretenden parallel laufen, aber wegen seiner

Zickzack-Verlaufes in der Linse müſste ersterer von der geradlinigen Verlängerung des letzteren abstehen. Da indessen die hintere Linsenfläche stärker gekrümmt ist als die vordere, so ist der Ausfallswinkel gröſser als der Einfallswinkel, und der aus der Linse austretende Richtungsstrahl muſs sich der geradlinigen Verlängerung des Theils des Richtungsstrahls, welcher zwischen Hornhaut und Linse liegt, immer mehr nähern, um sie an irgend einer Stelle zu schneiden. Mile nimmt nun an, daſs dieser Durchschneidungspunkt in der Netzhaut liege. Wenn diese ganze Hypothese mit allen ihren Voraussetzungen richtig ist, so folgt weiter daraus, daſs die Richtungslinie und der Richtungsstrahl auſserhalb dem Auge zusammenfallen, und daſs der Mittelpunkt der Cornea, welcher Drehpunkt des Auges ist, zugleich Kreuzungspunkt sämmtlicher Richtungslinien seyn muſs. Allein für diese Mile'sche Hypothese fehlt der Beweis.

Ich habe oben bemerkt, man dürfe, wenn man zwei sich deckende Objecte betrachte und nun den Blick abwende, um zu erfahren, ob bei dieser Augenbewegung die Objecte sich aufdecken oder ob nicht, den Blick nicht zu weit abwenden, weil alsdann die Bilder der Objecte auf eine Netzhautstelle gelangen, durch welche nur noch ein sehr undeutliches Sehen vermittelt wird, und man nicht mehr genau unterscheiden kann, ob die Objecte sich wirklich noch decken oder ob nicht mehr. Es entsteht nun die Frage, ob bei weiterer Abwendung des Blickes die Objecte sich wirklich noch decken? Man kann diese Frage mit Ja beantworten. Man stelle den Versuch nur auf folgende Art an: Man gebe dem Kopfe eine solche Stellung, daſs die Hornhaut des visirenden Auges, wenn dessen Sehaxe in den Richtungsstrahl der beiden sich deckenden Objecte fallen soll, den äuſseren Augenwinkel berühren muſs. Nun wende man den Blick ein wenig von diesem Augenwinkel ab und man wird finden, daſs sich die Objecte immer noch decken. Hier-

aus folgt, dafs, auch bei Rotationen des Auges in der Nähe des Augenwinkels, bestehende Deckungen der Objecte nicht aufgehoben werden.

Um aus allen bis hierher gegebenen Erklärungen ein Endresultat zu ziehen: *Bei allen Rotationen des menschlichen Auges bleiben die Richtungsstrahlen stets vertical auf die Hornhaut gerichtet, und wenn also diese eine sphärische Krümmung hat, so mufs der Mittelpunkt der Hornhaut der unbewegliche Drehpunkt des Auges seyn. Der Kreuzungspunkt der imaginären Richtungslinien ist hingegen noch unbekannt.* Volkmann's Gesichtswinkelmesser ist geeignet, für jedes Auge die Entfernung des Drehpunktes von dem Axenpunkte der vorderen Hornhautfläche zu finden.

Man sieht, dafs alle Vorwürfe, welche man Volkmann's übrigens sehr verdienstvollen Forschungen über Gröfse und Stand der Netzhautbilder machen kann, darauf hinauslaufen, dafs sie die Netzhaut-Zerstreuungsbilder aufser Rechnung gelassen haben.

Es ist eine herrliche Einrichtung in unserem Auge, dafs, wenn reine und Zerstreuungsbilder auf der Netzhaut sich decken, diese nicht empfunden werden. Ohne diese Einrichtung würde das Auge ein sehr unvollkommenes Sehwerkzeug seyn. Bei dieser Gelegenheit kann ich nicht unbemerkt lassen, dafs Physiker sowohl als auch Physiologen für manche überraschende Vollkommenheit oder scheinbare Unvollkommenheit unseres Sehorganes die Erklärung in den brechenden Augenmedien zu finden glaubten, während sie doch nur im Bau und in der Function der Retina zu suchen ist. Ich selbst habe z. B. mir viele Mühe gegeben, den Ausspruch einiger Schriftsteller, dafs wir deshalb Gegenstände, welche nicht in der Sehaxe oder in deren nächsten Nähe liegen, undeutlich sehen, weil deren Netzhautbilder Zerstreuungsbilder sind, zu bewahrheiten. Allein ich kam nicht damit zum Ziele; im Gegentheil überzeugte ich mich,

dafs jener Ausspruch falsch ist. Wir bekommen jedenfalls von einem Netzhautbilde, das kaum eine Linie vom Axenpunkte der Retina entfernt ist, schon eine unklare Empfindung. Wenn nun gleichzeitig ein Bild, welches in jenem Axenpunkte liegt, deutlich empfunden wird, so dafs es als concentrirtes Bild angenommen werden mufs, so mufs auch jenes erstere Bild bei gleicher Entfernung der Objecte ein concentrirtes seyn, da beide Netzhautstellen jedenfalls gleich weit von der Linse entfernt sind. Eben diese Betrachtung führt uns dahin Treviranus Meinung für irrig zu halten. Da die von seitlichen Gegenständen ausgehenden Lichtstrahlen schief, und deshalb in geringerer Zahl auf die Hornhaut fallen, und obendrein ein Theil dieser Strahlen von der Cornea reflectirt wird, da in gleichem Verhältnifs sich auch die Zahl der durch die Pupille dringenden Strahlen vermindert und endlich die Linse noch einen Theil dieser schiefen Strahlen reflectirt, so können von jenen Gegenständen verhältnifsmäfsig weit weniger Lichtstrahlen zur Netzhaut gelangen als von in der Mitte des Gesichtsfeldes liegenden Objecten. Treviranus leitet davon die Undeutlichkeit des Sehens aufserhalb der Augenaxe ab. Dieses Verhältnifs läfst sich aber nicht auf Gegenstände, welche der Sehaxe ganz nahe liegen, und dennoch undeutlich gesehen werden, anwenden. Und überdiefs bedarf es zum Deutlichsehen nicht so sehr vieler Lichtstrahlen, wie das Sehen durch ein feines Loch lehrt. Ueberschauen wir eine Landschaft, in welcher uns Gegenstände von den verschiedensten Entfernungen entgegentreten, so sehen wir, wir mögen unsere Augen richten und drehen wie wir wollen, immer nur diejenigen Gegenstände deutlich, welche in der Sehaxe liegen. Es mufs doch von dem einen oder dem andern seitlichen Gegenstande ein concentrirtes Bild auf einen seitlichen Theil der Netzhaut geworfen werden, es können doch nicht aus allen Entfernungen dahin Zerstreuungsbilder von Objecten fallen.

Johannes Müller hat auch hier wieder die richtige Saite angeschlagen, wenigstens ist mir nicht bekannt geworden dafs ein Anderer vor ihm diefs gethan. Er sagt (Physiologie, II. S. 351): »Die Empfindung ist in der Mitte der Netzhaut so scharf und auf der Seite derselben so ganz unbestimmt, als wenn in der Mitte der Netzhaut einzelnen kleinen Theilchen des Bildes die Enden einzelner Fasern, an den Seiten vielen kleinen Theilchen des Bildes nur eine Faser entsprechen, und als wenn hier eine Faser in einiger Länge den Eindrücken ausgesetzt wäre, während sie in der Mitte der Netzhaut nur durch ihr punktförmiges Ende empfindet.« Folgender Sehversuch, welchen Jeder bei *einiger* Uebung leicht wiederholen kann, dürfte Einiges zur Bestätigung dieser Ansicht beitragen.

Man beschreibe auf schwarzem Papier einen Kreis, dessen Radius etwa 1½ bis 2 Zoll beträgt. An irgend einer Stelle der Peripherie dieses Kreises mache man mit einer feinen Stecknadel drei Löcher, von denen jedes 1½ bis 2 Linien von dem andern entfernt ist. Das Centrum durchsteche man ebenfalls. Man halte nun das Papier gegen das Licht. Am besten stellt man den Versuch in einem nur durch ein Kerzenlicht erleuchtetem Zimmer an. Nun visire man mit einem oder mit beiden Augen (besser aber, namentlich im Anfange, nur mit einem Auge) das Löchelchen im Centrum des Kreises; vorher aber vergewissere man sich, ob die drei Löcher in der Peripherie alle gleich erleuchtet sind, was man am besten dadurch bewerkstelligt, dafs man die Lichtstrahlen nicht unmittelbar auf sie fallen läfst, sondern die Flamme mit einem Schirme von milchweifsem Glase deckt ferner halte man das Papier in einer Entfernung vom Auge, worin noch deutliches Sehen möglich ist, d. h. nicht zu nahe. Das Papier so wie der Kopf müssen unverrückt stehen; daher es besser ist, jenes auf ein Stativ zu befestigen und diesen auf die Arme zu stützen. Be-

achtet man nun bei fortwährendem Fixiren des Centrallochs die in der Peripherie befindlichen Löcher, so bemüht man sich vergebens, mehr als zwei zu unterscheiden. Läfst man den Blick langsam von dem Centralloch zu den peripherischen hingleiten, so erscheint das dritte, vorher nicht sichtbare, noch ehe man die Sehaxe darauf gerichtet hat, wieder, und man überzeugt sich, dafs das nun erst sichtbar gewordene das mittlere ist. Man kann diesen Versuch auf manigfache Weise verändern, indem man den Kreisen verschiedene Gröfsen giebt, oder die peripherischen Löcher in verschiedene Entfernungen von einander setzt. Das Resultat Aller ist: Je gröfser, bei gleichbleibender Entfernung des Papiers vom Auge, der Kreis ist, und je näher die peripherischen Löcher bei einander liegen, um so mehr derselben werden unsichtbar bei der Fixirung des Centrallochs. So wird man, wenn man in den obigen Kreis, statt drei Löcher, vier sticht, diese aber näher zusammenrückt, so dafs diese vier zusammen nur einen eben so grofsen Bogen einnehmen als jene drei, auch nur zwei Löcher sehen, und man wird finden, dafs die beiden mittleren unsichtbar wurden. Was den Versuch erschwert, ist, dafs man oft, ja gewöhnlich, gar kein Loch deutlich sieht, dafs man keine Gränze zwischen den hellen und dunkeln Räumen wahrnehmen kann. In diesem Falle darf man nur den Kopf um ganz Weniges zur Seite neigen, und augenblicklich erscheinen die Löcher in bestimmten Umrissen und verminderter Zahl. Visirt man mit beiden Augen zugleich, so gelingt, wenigstens begegnet mir diefs, der Versuch weniger, weil durch unwillkührliches Schielen Doppelbilder entstehen.

Aus den vorstehenden Versuchen lassen sich folgende Resultate ziehen: Die Peripherie eines Kreises von $1\frac{1}{2}''$ bis $2''$ Halbmesser, ganz aus der Nähe betrachtet, kann als ein grofser Gesichtsgegenstand gelten, der also mit einem Blicke auf dessen Centrum in seiner To-

talität als Kreis genau erkannt werden kann. Nicht so ist es aber mit kleineren Theilen seiner Peripherie. Denkt man sich diese in lauter kleine Theile von der Gröfse eines Nadelloches getheilt, so lehrt der obige Versuch in welchem die Zwischenräume zwischen den Löchern etwa 4 Mal so grofs als diese waren, dafs von je 11 solchen Theilen nur etwa 6 gesehen werden; folglich werden von jener Peripherie, sobald der Blick auf ihrem Centrum ruht, auch nur $\frac{6}{11}$ (annäherungsweise versteht sich) gesehen, die anderen $\frac{5}{11}$ sind gänzlich unsichtbar. Wenn dieser Schlufs richtig wäre, könnte man einwenden, müfste jene Kreislinie unterbrochen gesehen werden. Dieser Einwand ist leicht zu beseitigen. Wenn nämlich $\frac{5}{11}$ jener Kreislinie nicht gesehen werden, so fallen die Bilder dieser Theilchen auf Parthieen der Retina, wo keine auf den Lichteindruck reagirenden Nerven-Elemente liegen. Diese sind also in der Gegend der Retina, auf welche das Bild der Kreislinie fällt, nicht dichtgedrängt gestellt. Es läfst sich aus dem obigen Versuche entnehmen, *dafs die den Lichteindruck unmittelbar aufnehmenden nervösen Elementartheile um so weiter auseinanderstehen, je weiter sie von dem Axenpunkte der Retina entfernt sind.* Die Perceptionen werden dadurch allerdings unterbrochen; allein man wird sich beim gewöhnlichen Sehen dieser Unterbrechungen nicht bewufst, weil die Action keines einzigen des Empfindungseindrukkes fähigen Theilchens intercipirt wird, so dafs, obwohl das auf der Netzhaut entworfene Bild nicht vollständig empfunden wird, dennoch von einem Fehlenden keine Vorstellung entstehen kann. Denkt man sich einige, den Empfindungseindruck empfangende Theilchen gelähmt, dann erst wird das Sehen ein unterbrochenes, denn jetzt erst kommt die Vorstellung eines Fehlenden zu Stande. Obwohl das Bild der Kreislinie oder überhaupt eines grofsen Gegenstandes nur theilweise percipirt wird, so thut diefs doch der Vollständigkeit der Vor-

stellung des Bildes keinen Eintrag, weil die unsichtbaren Theile desselben den sichtbaren vollkommen gleich sind, beide sind Punkte (von derselben Gröfse) einer und derselben geraden oder krummen Linie, und die Hälfte aller Punkte dieser Linie giebt, wenn die andere Hälfte, die unsichtbaren Punkte, mit den sichtbaren alterniren, eben so gut eine Vorstellung dieser Linie als die Summe aller Punkte. Befinden sich im Gesichtsfelde aufserhalb dessen Mitte kleine Objecte, und bestehen deren Umrisse aus geraden Linien, so kann eine solche so klein seyn, dafs sie einem unsichtbaren Theil einer grofsen Linie an Länge gleich kommt; — sie wird also gar nicht gesehen; — oder sie ist etwa noch einmal so lang, — dann wird sie nur zur Hälfte gesehen; — oder es kann auch der Winkel, in welchem zwei gerade Linien zusammenstofsen, nebst einem Theile beider Schenkel unsichtbar bleiben etc. Bei so unvollständiger Perception des Bildes ist eine Ergänzung durch die Vorstellung gar nicht möglich; eben so wenig ist es möglich, wenn die Umrisse Curven von verschiedener Gestalt darstellen, — überhaupt um so weniger möglich, je unregelmäfsiger die Figuren sind.

Trotz vieler, mühevoller mikroskopischer Untersuchungen wollte es den in diesem Felde der Forschung erprobten Männern noch nicht gelingen, die den Lichteindruck empfangenden und dagegen reagirenden nervösen Elementartheile fest zu bestimmen, geschweige denn ihre Anordnung zu erkennen. Das, was Treviranus dafür nahm, die von ihm sogenannten Papillarkörper, wurde von späteren Forschern gar nicht als Nervensubstanz anerkannt, sondern vielmehr als eine, noch hinter der eigentlichen Nervensubstanz gelegene, aus Stäben bestehende Schicht der Netzhaut angesehen. Diese Stäbe sind an ihrer, der Choroidea zugewendeten, Fläche mit Pigment umkleidet. Vielleicht läfst sich schon der Nutzen dieser Stäbchenschicht ahnen. Die hinter der Retina ge-

legene Pigmentschicht saugt vielleicht nicht alle Strahlen ein, sondern reflectirt einzelne. Gewifs ist das bei Albinos und in Thieraugen der Fall, deren Pigment nicht tief schwarz ist. Denkt man sich die Pigmentschicht eben, glatt, so kehren die reflectirten Strahlen wieder zur Nervensubstanz zurück, berühren diese aber meist an einer andern Stelle als bei ihrem Einfallen. Dadurch könnte Verwirrung im Sehen herbeigeführt werden; dem beugt die Stäbchenschicht vor. Denn ein in einen Stab eingedrungener Lichtstrahl kann, wenn er auch auf dessen hinterer Oberfläche reflectirt wird, doch nicht nach der ersten und vielleicht zweiten Reflexion wieder zurück, er mufs also mehrere Male auf die Pigmentschicht fallen, und seine vollständige Einsaugung von Seiten der letzteren wird dadurch begünstigt.

III. *Untersuchungen über die Elasticität und Cohäsion der Metalle; von Hrn. Wertheim.*

(*Compt. rend. T. XV p.* 110. — Vom Verf. gelieferter Auszug seiner Abhandlung.)

In einer grofsen Zahl von Untersuchungen, die über die mechanischen Eigenschaften der Körper unternommen worden sind, haben sich die Experimentatoren meistens darauf beschränkt, die von der Analyse im Voraus gegebenen Gesetze zu bestätigen oder die als Baumateriale angewandten Substanzen zu untersuchen. Während man demnach einerseits die Gesetze der kleinen Formveränderungen und der Vibrationen als vollkommen bekannt ansehen kann, und andererseits das Eisen, den Stahl, die Hölzer und Steine mit Sorgfalt studirt hat, sind dagegen die mechanischen Eigenschaften der Körper überhaupt und die Gesetze der Verschiebungen ihrer Theilchen,

wenn diese Verchiebungen gegen die Abstände der Theilchen nicht mehr sehr klein sind, fast gänzlich vernachlässigt.

Die Beständigkeit oder Veränderlichkeit des Elasticitäts-Coëfficienten in einer und derselben, unter verschiedene Umstände versetzten Substanz, die Aenderungen, welche die mechanische Behandlung, das Anlassen, eine Temperatur-Erhöhung darin hervorbringen können, das Verhältnifs zwischen der theoretischen und wirklichen Geschwindigkeit des Schalls, die Gesetze der bleibenden Verschiebungen und der verschiedenen Gleichgewichtslagen, das Daseyn einer wahren Elasticitätsgränze und eines Verlängerungs-Maximums, endlich die Zahlenwerthe aller dieser Gröfsen und ihre Verknüpfung mit der chemischen Natur der Körper [1]), liefern eben so viele Aufgaben, die noch nicht von den Physikern behandelt oder im abweichenden Sinn gelöst worden sind.

In dieser ersten Abhandlung, welche ich dem Urtheile der Academie zu unterwerfen die Ehre habe, beschäftige ich mich nur mit einfachen Metallen. In der geschichtlichen Uebersicht der bisherigen Arbeiten erinnere ich zunächst an die Versuche über die Beständigkeit des Elasticitäts-Coëfficienten. Coulomb und Lagerhjelm fanden für Eisen und Stahl von demselben

1) Einige Monate, nachdem ich die am Schlusse dieses Aufsatzes beigefügte Note bei der Academie deponirt hatte, hat Hr. Masson derselben eine Abhandlung überreicht, in der er sowohl durch eigene Versuche mit Eisen, Kupfer und Zink, als durch Chladni's Versuche über Zinn und Silber folgendes Gesetz aufstellt: Die Elasticitäts-Coëfficienten einfacher Körper multiplicirt mit einem Multiplum oder Submultiplum ihrer Aequivalente, geben eine constante Zahl. Hr. Masson selber schreibt diese Thatsache nur dem Zufall zu (*Annal. de chim. et de phys. Ser. III T. III p.* 45. — Annal. Bd. LVI S. 157). Ich habe also nicht geglaubt darauf zurückzukommen zu brauchen. Man begreift übrigens, dafs man immer eine gewisse Uebereinstimmung erhalten kann, wenn man die zur Multiplication oder Division der Atomgewichte erforderlichen ganzen Zahlen willkührlich nimmt.

Stück, welcher mechanischen Behandlung sie auch unterworfen worden, denselben Elasticitäts-Coëfficienten. Hr Poncelet dagegen, sich stützend auf die Gesammtheit der bekannten Resultate, nimmt diese Beständigkeit nicht einmal für das Eisen an. Die übrigen Metalle sind in dieser Beziehung noch nicht untersucht.

Gerstner schliefst aus seinen Versuchen mit Eisendrähten, dafs der Elasticitäts-Coëfficient derselbe bleibe in den verschiedenen Gleichgewichtslagen des Drahts.

Mit Vernachlässigung der Unterschiede, die wegen Verschiedenheiten in der Dichte und wegen Unreinheit bei einem selben Metalle stattfinden können, sind die Elasticitäts-Coëfficienten bestimmt für Blei, Zink, Silber, Platin, Kupfer, Eisen und Stahl, von Coulomb, Tredgold, Barlow, Young, Rennie, Navier, Lagerhjelm, Leslie, Gerstner, Séguin, Martin, Savart, Weber, Ardant und der K. Hannöverschen Commission.

Chladni hat die Schallgeschwindigkeit bestimmt beim Eisen, Kupfer, Silber und Zinn, Savart beim Eisen, Stahl und Kupfer, Masson beim Zink und silberarmen Blei.

Diese Resultate bilden fast die Gesammtheit unserer experimentellen Kenntnisse über die Elasticität in gewöhnlicher Temperatur. Die Veränderungen, welche die Elasticität durch Temperatur-Erhöhung erleidet, sind noch nicht studirt worden.

Die Untersuchungen über die Cohäsion der Metalle sind weit zahlreicher, allein schon wegen ihrer Natur weniger geeignet übereinstimmende Resultate zu geben. Sie alle zu nennen würde zu weit führen. Ich bemerke nur, dafs der Einflufs des Anlassens auf die Cohäsion von den HH. Dufour, Baudrimont und Karmarsch untersucht worden ist, der der Temperatur-Erhöhung auf die Cohäsion des Eisens von den HH. Tredgold, Trémery, Poirier und Dufour. Endlich haben die HH.

Mi-

Minard und Desormes die Abnahme kennen gelehrt, welche die Cohäsion des Bleis, Zinns und Kupfers durch die Wärme erleidet.

Meine Versuche erstrecken sich auf homogene Metalle, die ich selbst reducirt, oder, wenn sie nicht vollkommen rein zu erhalten waren, analysirt habe. Es waren: Blei, Zinn, Kadmium, Gold, Silber, Zink, Platin, Kupfer, Eisen und Stahl. Jedes wurde, wenn es geschehen konnte, zuvörderst gegossen, dann ausgehämmert, und ausgezogen und endlich angelassen. In jedem dieser Zustände wurde seine Dichtigkeit genommen, dann sein Elasticitäts-Coëfficient und die entsprechende Schallgeschwindigkeit nach drei verschiedenen Methoden bestimmt, durch transversale Schwingungen, longitudinale Schwingungen und durch die Verlängerung.

Die Zahl der transversalen Schwingungen in einer Secunde wurde nach Hrn. Duhamel's Methode des Aufzeichnens bestimmt [1]). Ein elastisches Häkchen, am Ende des zu untersuchenden Stabes befestigt, hinterläfst einen Eindruck auf eine mit Kienrufs überzogene Scheibe. Da es mir nicht gelingen wollte, dieser Scheibe eine gleichförmige Bewegung zu geben, so bestimmte ich die Dauer der Schwingungen indem ich die Schwingungen des Stabes verglich mit denen einer normalen Stimmgabel, die von Hrn. Marloye verfertigt war und genau 256 Schwingungen in der Secunde machte. So liefs sich die Zeit wenigstens bis auf $\frac{1}{2560}$ Secunde bestimmen.

Die Zeit der longitudinalen Schwingungen wurde bestimmt mittelst eines Differential-Sonometers, das nach derselben Stimmgabel abgestimmt war. Von der Genauigkeit dieses Verfahrens überzeugte ich mich, indem ich die Längenschwingungen zweier Stäbe von 2 Meter Länge direct zählte. Die Unterschiede betrugen nur 3 bis 7 Vibrationen auf 1000.

Endlich wurden die Stäbe und Drähte stufenweis

1) S. 395 dieses Hefts.

vermehrten Belastungen ausgesetzt, in einem Apparat, der erlaubte selbst sehr bedeutende Lasten mit großer Leichtigkeit und ohne Stöße anzuhängen und fortzunehmen. Die gesammten Verlängerungen bestehen aus zwei Theilen, einem, der mit Wirkung der Belastung verschwindet, und einem bleibenden. Jeder dieser Theile wurde für sich gemessen mittelst eines Kathetometers, der Hundertel eines Millimeters angab. So wurde nicht nur für jede Gleichgewichtslage, welche der Stab erreichte, der Elasticitäts-Coëfficient abermals gemessen, sondern auch zugleich Alles studirt, was Bezug hat auf die Elasticitätsgränze, das Verlängerungs-Maximum und die Cohäsion. Nach dem Reifsen wurden Dichtigkeit und Elasticität der Stücke abermals untersucht. Endlich wurden alle Versuche über die Verlängerung bei 100° und 200° C. wiederholt.

Aus dem Ergebnifs dieser Versuche lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1) Der Elasticitäts-Coëfficient ist nicht constant für ein und dasselbe Metall; alle Umstände, welche die Dichtigkeit erhöhen, vergröfsern auch ihn, und so umgekehrt.

2) Die longitudinalen und transversalen Schwingungen führen fast zu dem nämlichen Elasticitäts-Coëfficienten.

3) Die Schwingungen führen zu gröfseren Elasticitäts-Coëfficienten als die Verlängerungen; dieser Unterschied entspringt aus der von der entwickelten Wärme bewirkten Beschleunigung der Bewegung.

4) Der Ton in starren Körpern rührt demnach von Wellen mit Condensation her, und man kann sich, mittelst der von Hrn. Duhamel gegebenen Formel, des Verhältnisses zwischen der theoretischen und wirklichen Schallgeschwindigkeit bedienen, um das Verhältnifs der specifischen Wärme unter constantem Druck zu der bei constantem Volum zu finden. Diefs Verhältnifs ist bei den angelassenen Metallen gröfser als bei den nicht angelassenen.

5) Der Elasticitäts-Coëfficient nimmt ab mit Er-

höhung der Temperatur, in einem schnelleren Verhältniſs als sich aus der entsprechenden Ausdehnung ergiebt.

6) Die Magnetisirung ändert die Elasticität des Eisens nicht merklich.

7) Die Verlängerung von Stäben und Drähten durch Belastung ändert deren Dichte nur sehr wenig. Der Elasticitäts-Coëfficient darf also in den verschiedenen Gleichgewichtslagen auch nur wenig verschieden seyn, und wirklich ist dieſs der Fall, sobald die Belastungen sich nicht sehr derjenigen nähern, welche das Reiſsen bewirkt. Das Gerstner'sche Gesetz bestätigt sich also bei allen Metallen, die, nach Ueberschreitung ihrer Elasticitätsgränze, noch beinahe eine Gleichgewichtslage erreichen.

8) Die bleibenden Verlängerungen geschehen nicht sprungweise, sondern stetig. Durch zweckmäſsige Abänderung der Gröſse und Dauer der Belastung kann man jede beliebige bleibende Verlängerung hervorbringen.

9) Es giebt keine wahre Elasticitätsgränze; und wenn man bei den ersten Belastungen keine bleibende Verlängerung beobachtet, so geschieht dieſs nur, weil man sie nicht lange genug hat wirken lassen, und weil der zum Versuch genommene Stab zu kurz ist für den Genauigkeitsgrad des angewandten Meſswerkzeugs.

Die Werthe des Verlängerungs-Maximums und der Cohäsion hängen auch sehr von der Verfahrungsweise ab; man findet sie desto gröſser, je langsamer man die Belastungen vermehrt.

Man sieht, wie viel Willkührlichem die Bestimmung der kleinsten und gröſsten bleibenden Verlängerung unterworfen ist, und man kann nicht, mit Hrn. Lagerhjelm, auf ihre Werthe ein Gesetz begründen.

10) Der Widerstand beim Reiſsen wird durch das Anlassen bedeutend vermindert. Eine Temperatur-Erhöhung bis 200° C. vermindert nicht die Cohäsion der zuvor angelassenen Metalle.

Nach dieser rein experimentellen Arbeit suchte ich

ein Verhältnifs zwischen dem Elasticitäts-Coëfficienten, dem einzigen mechanischen, wahrhaft wissenschaftlichen Datum, und der Molecular-Constitution, um die Resultate der Rechnung mit denen der Erfahrung zu vergleichen. Poisson hat für den Elasticitäts-Coëfficienten folgenden Ausdruck gefunden:

$$q=\frac{\pi}{g}\sum_{r=\alpha}^{r=\infty}\frac{r_5}{\alpha^5}\cdot\frac{d\frac{1}{r}fr}{dr}$$

in welchem α den mittleren Abstand der Atome und r den Radius des Wirkungskreises eines Molecüls bezeichnet, und die Function fr die Resultante der gleichzeitigen Wirkung der molecularen Anziehungskraft und der aus der Wärme entspringenden Abstofsungskraft.

Um α zu finden, nehme ich an, das Gewicht eines jeden Molecüls werde ausgedrückt durch sein Atomgewicht, eine Hypothese, die bekanntlich durch Dulong und Petit's, Avogadro's, Regnault's und Baudrimont's Untersuchung über die specifische Wärme Wahrscheinlichkeit erlangt hat.

Die relative Anzahl der in einem gleichen Volum enthaltenen Atome bekommt man also, wenn man das spec. Gewicht durch das Atomgewicht dividirt. Die umgekehrte Kubikwurzel aus dieser Zahl ist das Maafs des Abstandes der Molecüle eines jeden Metalls in seinen verschiedenen Zuständen, d. h. der Werth von α. Unbekannt in der Formel bleibt also nur die Function fr, die man aus derselben abzuleiten versuchen kann.

Die Folgerungen aus dieser Formel sind:

1) q mufs, mit Abnahme von α, zunehmen und umgekehrt. Aus der vierten Tafel in meiner Abhandlung ersieht man, dafs diefs wirklich der Fall ist. Allein die Condensationen und Dilatationen, die wir durch mechanische Mittel hervorbringen können, sind zu klein als dafs man das Verhältnifs zwischen den Aenderungen von α und q mit Sicherheit daraus ableiten könnte. Jedoch

st das Product $q\alpha^7$ für ein und dasselbe Metall sehr ahe constant.

Mit Steigerung der Temperatur nimmt der Elasticiits-Coëfficient so rasch ab, dafs das Product $q\alpha^7$ imier kleiner ist als bei gewöhnlicher Temperatur. Die 'unction fr mufs also die Temperatur einschliefsen.

2) Die verschiedenen Metalle folgen derselben Ordung in Nahheit der Molecüle, in den Elasticitäts-Coëfcienten und in der Fähigkeit den Schall zu leiten, rückchtlich seiner Intensität. (Diefs letztere ist nur annähernd urch die Versuche von Perolle bekannt.)

Blofs das Platin stellt sich, was den Elasticitäts-oëfficienten betrifft, zwischen Kupfer und Eisen, und, as den Abstand seiner Molecüle anlangt, zwischen Zink id Kupfer.

3) Das Product aus dem Elasticitäts-Coëfficienten die siebente Potenz des relativen mittleren Abstandes r Molecüle ist für die meisten Metalle gleich. Diese ebereinstimmung ist so vollständig, als man es nur verngen kann, beim Blei, Kadmium, Gold, Silber, Zink id Eisen; allein Kupfer giebt ein etwas geringeres Proict, dagegen Zinn, so wie Platin, ein weit höheres als e übrigen Metalle.

Wäre diese Uebereinstimmung allgemein, so würde raus folgen, dafs die Resultante der molecularen Anehungskraft und Wärme-Abstofsungskraft abnähme umkehrt wie die fünfte Potenz der Abstände.

Allein diese Uebereinstimmung bestätigt sich nicht i allen Metallen. Die Versuche beweisen nur, wie m es in den Rechnungen voraussetzt, dafs diese Reltante wirklich weit schneller als im umgekehrten Verltnifs des Quadrats der Abstände abnimmt.

Versiegelte Notiz, welche der Academie am 19. Juli 1841 von Herrn Wertheim übersandt, und nach Lesung des vorstehenden Auszugs geöffnet wurde.

Im Allgemeinen nehmen die Physiker an, das Atomgewicht stelle das wahre Gewicht der Molecüle vor, und die Durchmesser der Molecüle seyen zu vernachlässigen gegen die sie trennenden Abstände. Man erhält also für die einfachen Körper die Anzahl der in der Volumeinheit enthaltenen Molecüle, wenn man ihr specifisches Gewicht durch ihr Atomgewicht dividirt; auf gleiche Weise gelangt man für zusammengesetzte Körper zur Kenntnifs ihrer Molecular-Anordnung.

Nun mufs die Anziehungskraft nothwendig eine Function der Entfernung seyn, eine Function, die allein erfahrungsmäfsig gefunden werden kann, und die zur Kenntnifs der Gesetze der Cohäsion, der Elasticität und der Schallgeschwindigkeit führen wird. Die in folgender Tafel enthaltene Zusammenstellung, die ich schon vor vier Jahren Hrn. v. Ettingshausen in Wien mittheilte, beweist in der That den innigen Zusammenhang dieser vier Gröfsen.

Die erste Spalte enthält das specifische Gewicht der gegossenen Metalle, die zweite das Atomgewicht derselben, dabei das des Sauerstoffs $=1$ genommen, die dritte endlich die Anzahl der Atome in der Volum-Einheit. Die Atomgewichte sind die Berzelius'schen, mit Ausnahme des vom Silber, welches, gemäfs den von HH. Dulong und Petit, so wie von Hrn. Regnault angestellten Versuchen über die specifische Wärme, auf die Hälfte reducirt worden ist.

	Spec. Gewicht	Atomen-Gewicht	Atomen-Anzahl	Widerstand beim Reifsen. In Millimet. d. Extension nach Guyton Morveau	d. Compress. nach Rennie	Elasticitäts-Coëfficient nach Tredgold.	Schallgeschwindigkeit nach Chladni
Blei	11,352	12,94498	0,8769	0,022	145	600	
Zinn	7,285	7,35294	0,9907	0,063	620	3200	7,5
Gold	19,258	12,43013	1,5493	0,274			
Silber	10,542	6,75803	1,5599	0,341			9,0
Zink	6,861	4,03226	1,7015	0,199 [1])		9600	
Platin	21,530	12,33499	1,7454	0,499			
Kupfer	8,850	3,95695	2,2365	0,550	3855		12,0
Eisen	7,788	3,39205	2,2959	1,000		20000	17,0

1) Das Zink zeigt einen kleineren Widerstand als es nach seiner Atomen-Anzahl haben sollte; diese Abweichung läfst sich aber wohl der Unreinheit des Metalls oder dem krystallinischen Zustand desselben zuschreiben.

Bemerken wir noch, dafs, nach Perolle, die Metalle, hinsichtlich ihrer Leitungsfähigkeit für Schallstärke in folgender Ordnung stehen: Blei, Zinn, Gold, Silber, Kupfer, Eisen.

Der Diamant endlich, der härteste unter den einfachen Körpern, enthält fast zwei Mal so viel Molecüle als das Eisen. Seine Atomen-Anzahl ist 4,668 bis 4,708. Man erhält diese Zahlen indem man die Extreme seines specifischen Gewichtes, 3,501, bis 3,531, durch 75, das neuerlich von Hrn. Dumas bestimmte Atomgewicht, dividirt.

Man sieht, dafs bei den bisher untersuchten einfachen Körpern die Cohäsion, Elasticität und Leitungsfähigkeit des Schalls, sowohl rücksichtlich der Geschwindigkeit als der Stärke desselben, desto gröfser sind als, bei gleicher Temperatur, die Theilchen dieser Körper näher aneinanderliegen.

Allein diese Versuche sind lange nicht genau genug, als dafs sie den Rechnungen zur Grundlage dienen könnten. Man untersuchte nur wenige, und dazu chemisch unreine Metalle, durch die Methoden des Ausziehens und Reifsens, die mir zur Erforschung der Molecularkräfte weniger geeignet zu seyn scheinen als die Methoden der Schwingungen. In dieser Absicht beschäftige ich mich jetzt mit Versuchen über die Schwingungen von Stäben aus chemisch reinen Metallen, deren Resultate ich mich beehren werde der Academie vorzulegen.

IV. *Schwingungen einer biegsamen, mit einem Läufer beschwerten Saite; von Hrn.* Duhamel.

(Compt. rend. T. XI p. 15.)

Untersuchungen, mit denen ich heute die Academie nicht zu unterhalten gedenke, haben mich zum Studium der Gesetze geführt, nach welchen die Querschwingungen von Saiten und Stäben abgeändert werden, wenn man an irgend einem Punkt derselben eine Masse befestigt, die in einem willkührlichen Verhältnisse zu ihnen steht. Diese Aufgabe, die sich mir anfangs nur nebenbei darbot, schien mir wichtig genug, um speciell behandelt zu werden, um so mehr als sie die Theorie der bei gewissen musikalischen Instrumenten angewandten *Läufer* einschliefst. Die Abhandlung, welche ich dem Urtheile der Academie unterwerfe, enthält denjenigen Theil dieser zugleich theoretischen und experimentellen Untersuchungen, der sich auf vollkommen biegsame Saiten bezieht. Derjenige, welche die elastischen Stäbe betrifft, wird Gegenstand einer zweiten Abhandlung seyn.

Es ist gut zuvörderst zu bemerken, dafs diefs Problem wesentlich abweicht von demjenigen, welches die Mathematiker sich bei ihren ersten Arbeiten über die schwingenden Saiten gestellt hatten. Sie betrachteten einen ausgespannten, unschweren Draht, der eine oder mehre Massen trüge. Diefs gab nur zu den gewöhnlichen Differential-Gleichungen Anlafs, während die Aufgabe, die ich mir hier gestellt, zu drei Gleichungen mit partiellen Differentialen führt, und auch ganz andere Gesetze liefert als man früher gefunden.

Ich betrachte eine Saite, bekannt an Länge und Gewicht, die einer constanten Spannung ausgesetzt ist, und an einem ihrer Punkte eine Masse trägt, die irgend ein

Verhältnifs zu der der Saite hat; und ich beabsichtige zu ermitteln, nach welchen Gesetzen der Grundton und alle möglichen harmonischen Töne dieser Saite von diesen Datis abhängen, und welche Lage die diesen harmonischen Tönen entsprechenden Knoten besitzen.

Die allgemeine Formel für die Bewegung dieser Saite, von einem willkührlichen Anfangszustand ausgehend, besteht aus einer Unzahl von particulären Lösungen, entsprechend den verschiedenen Tönen, welche die Saite successive geben kann, aber im Allgemeinen nicht gleichzeitig giebt. Die Dauer der jedem dieser Töne entsprechenden Schwingungen, wird durch die Wurzeln einer sehr einfachen transcendenten Gleichung bestimmt.

Nimmt man an, eine und dieselbe Saite werde an demselben Punkt folgweise mit verschiedenen Massen belastet, so erhöht sich der Grundton proportional der ersten Wurzel dieser Gleichung. Der erste harmonische Ton steigt proportional der zweiten Wurzel, und im Allgemeinen steigt ein Ton irgend einer Ordnung proportional der Quadratwurzel von derselben Ordnung.

Die Bestimmung der Wurzeln dieser Gleichung, deren Coëfficienten successive verschiedene Werthe annehmen, läfst sich auf die Construction einer einzigen Curve zurückführen; und dieses Mittel habe ich bei den Anwendungen meiner Formeln benutzt.

Dieselben Wurzeln lehren für jeden harmonischen Ton die Lage der Knoten kennen. Wenn der Anlegepunkt der Masse die Saite in zwei commensurable Stücke theilt, so sieht man sogleich, dafs die Saite die harmonischen Töne geben könne, die seinen Eintheilungen in Theilen gleich dem gemeinschaftlichen Maafs und dessen Submultiplis entsprechen. Allein man würde so nur einen Theil der möglichen Töne haben, und man kann harmonische Töne haben, die der Eintheilung der Saite in eine beliebige ganze Zahl von Theilen entsprechen. Es ist leicht zu sehen, dafs, da alle diese Unterabthei-

lungen Vibrationen von gleicher Dauer haben müssen, der Abstand zwischen irgend zwei aufeinanderfolgenden Knoten gleich seyn mufs, ausgenommen für die beiden, zwischen welchen sich die hinzugefügte Masse befindet. Der Abstand dieser letzten, und folglich der übrigen, wird bestimmt durch die Wurzel, welche von gleichem Rang ist wie der Ton, den man betrachtet.

Läfst man die hinzugefügte Masse und die Länge der Saite proportional sich verändern, während das Verhältnifs der Stücke, so wie die Spannung dieselbe bleibt, so verändert sich die Dauer der Schwingungen sowohl für den Grundton als für dessen harmonische Töne proportional der Länge, wie diefs auch der Fall seyn würde, wenn die Masse fortgenommen wäre. Diefs merkwürdige Resultat, welches dem von Savart für ähnliche Körper bewiesenen analog ist, beweist sich auch durch eine analoge Methode wie die, welche Hr. Cauchy für diesen Fall angewandt hat.

Nachdem ich diese Gesetze, zu welchen der Versuch offenbar nicht geführt haben würde, durch Analyse festgestellt hatte, blieb noch zu untersuchen, ob sie der genaue Ausdruck von Thatsachen wären oder einem rein idealen Problem angehörten, dessen Data sich merklich von denen entfernte, welche die Erfahrung verwirklichen könnte.

Zu dem Ende nahm ich eine homogene, sehr biegsame Saite und setzte sie einer constanten, übrigens willkührlichen Spannung aus, dabei ihren beiden festen Punkten immer dieselbe Lage lassend. Darauf heftete ich in der Mitte derselben verschiedene Massen an, und bestimmte die Verhältnisse in der Anzahl von Schwingungen, welche diese Saite in einer gleichen Zeit vollbrachte. Es wäre unmöglich gewesen, diese Zahlen mittelst der Töne zu bestimmen, da sie entweder nicht wahrnehmbar, oder zu tief waren, um sie recht zu erkennen. Ich benutzte daher ein Verfahren, welches ich vor ungefähr

15 Jahren erdacht hatte, dessen Idee aber, wie ich seitdem erfuhr, im Grunde dieselbe ist, wie die bei einem von Watt und später von Eytelwein angewandten Apparat.

Diefs Verfahren besteht darin, dafs man an dem Punkt, dessen Bewegung man sucht, eine Spitze befestigt, die auf einer beweglichen Ebene eine Spur hinterläfst, ohne eine merkliche Reibung darauf hervorzubringen. Man begreift, wie wichtig es alsdann ist, dafs man die Bewegung dieser Ebene mit der äufsersten Genauigkeit kenne. Allein ich habe mich dieser Nothwendigkeit überhoben, indem ich die Anzahl der von der Probe-Saite ausgeführten Schwingungen verglich mit der Anzahl derjenigen, die in derselben Zeit gemacht wurden von einer der ersten parallelen und benachbarten Saite, die immer unter denselben Umständen blieb, und folglich immer dieselbe Bewegung behielt. Die bewegliche Ebene, auf welche die Schwingungen beider Saiten sich aufzeichnen, kann alsdann eine ganz unregelmäfsige Bewegung haben; nur mufs sie so rasch seyn, dafs alle Spuren deutlich werden; und man erkennt mit gleicher Genauigkeit die Anzahl von Schwingungen, welche sie in einer gleichen Zeit machen. Da sonach die Verhältnisse der gesuchten Zahlen zu einer und derselben Zahl bekannt sind, so ergeben sich daraus die Verhältnisse derselben zu einander, und man erkennt mithin nach welchem Gesetze die Anzahl der von der nämlichen Saite ausgeführten Vibrationen sich verändern, wenn man die in der Mitte angebrachte Masse verändert.

Bei den Versuchen, deren Resultate ich hier angeben will, hatten die Data folgende Werthe:

Länge der Saite	1,2103	Meter
Gewicht der Saite	15,4	Grm.
Gewicht der ersten Masse	6,537	-
- - zweiten -	10,000	-
- - dritten -	13,074	-

Gewicht der vierten Masse 16,537 Grm.
- - fünften - 23,074 -

Die Verhältnisse der jeder dieser Massen entsprechenden Schwingungszahlen zu der Anzahl, welche die Saite für sich, ohne hinzugefügte Masse, ausgeführt hätte, haben nach der Formel folgende Werthe:

0,71 : 0,6334 : 0,5768 : 0,5328 : 0,4679.

Der Versuch gab:

0,71 : 0,634 : 0,5783 : 0,5327 : 0,468.

Die Ueberschüsse der letzteren über die ersteren sind also:

0 0,0006 0,0015 —0,0001 0,0001.

Die Uebereinstimmung ist also so vollkommen als man es nur erwarten konnte.

Ich habe das von der Analyse angezeigte Gesetz auch für den Fall geprüft, dafs man die Länge der Saite proportional der Masse verändert.

Ein erster Versuch gab mir das Verhältnifs 64 : 32 oder 2 : 1 als ich die Länge der Saite, und die hinzugefügte Masse auf die Hälfte reducirte. Das Resultat war also ganz der Theorie gemäfs. Bei einem anderen Versuch, bei dem ich die Länge der Saite und das Gewicht der ursprünglichen Masse verdoppelte und verdreifachte, erhielt ich drei Zahlen, die proportional waren den folgenden:

1,573 : 0,781 : 0,516

die Theorie hätte gegeben:

1,573 : 0,786 : 0,524

die Unterschiede sind also:

0,005 0,008.

Auch diese sind noch sehr gering, wenn gleich etwas gröfser als die früheren. Letzteres rührt vielleicht davon her, dafs die Länge der Saite variirte, und dafs die Ursachen zu Unrichtigkeiten, die sich an ihren Enden vorfinden, nicht in gleichem Verhältnifs die Schwingungszahl abändern. So weifs man in Betreff der Me-

tallsaiten, die nicht als vollkommen biegsam betrachtet werden können, dafs sie bei Verkürzung auf die Hälfte nicht genau die höhere Octave geben; allein die Abweichung davon wird desto geringer, je dünner die Saite in Bezug auf ihre Länge ist.

Endlich habe ich eine dritte Prüfungsweise vorgenommen, indem ich die Lagen der Knoten, wie sie von der Formel angegeben werden, verglich mit denjenigen, welche der Versuch liefert. Auch in diesem Punkt war die Uebereinstimmung so vollkommen wie bei den übrigen.

V. *Ueber die Schwingungen der mit irgend einer Zahl von Läufern beschwerten Saiten; von Hrn. Duhamel.*

(*Compt. rend. T. XI p.* 810.)

Als Taylor die erste Lösung des Problems der schwingenden Saiten gegeben hatte, betrachteten die Mathematiker, welche derselben mehr Strenge und Allgemeinheit verleihen wollten, zuvörderst einen Faden ohne Gewicht, beschwert mit einer grofsen Anzahl gleich grofser, auf seine ganze Länge in gleichen Abständen vertheilter Gewichte. Sie nahmen hierauf an, die Zahl dieser Gewichte werde unendlich vergröfsert, folglich deren Anlegepunkte einander unendlich genähert. Zu der Gränze übergehend und die Gesammtheit der Gewichte als unveränderlich betrachtend, erhielten sie einen vollkommen biegsamen Faden von einem bestimmten, auf seine ganze Länge gleichmäfsig vertheilten Gewicht, und die Formel, welche die Bewegung aller Punkte dieses Fadens regelte, bekamen sie, indem sie die Gränze derjenigen nahmen, die sich auf eine willkührliche Anzahl materieller Punkte bezog.

Nachdem sie so die Gesetze der Schwingungsbewe-

gung der Saiten bestimmt hatten, suchten sie nicht, wie dieselben abgeändert werden würden, wenn man an einer gewissen Zahl von Punkten dieser Saiten Massen befestigte, die mit in deren Bewegung gezogen werden würden. Sie haben diese Massen oder *Läufer* niemals anders betrachtet als in dem Fall, wo sie an einem Faden ohne Schwere befestigt waren. Vielleicht haben die Physiker einige Versuche über die Bewegung der mit Läufern beschwerten Saiten oder Stäbe gemacht, aber sie haben dieselben nicht veröffentlicht, ohne Zweifel weil sie kein einfaches Gesetz entdeckten. In der That werde ich beweisen, dafs sie, wie scharfsinnig sie auch seyn und wie viele genaue Versuche sie auch anstellen mochten, doch nie die Gesetze dieser Erscheinungen entdekken konnten.

Obwohl diese Untersuchungen an sich recht interessant sind, so unternahm ich dieselben doch nur bei Gelegenheit einer anderen Aufgabe, zu welcher sie durchaus nothwendig waren. Diese Aufgabe, mit welcher ich die Academie ein anderes Mal zu unterhalten gedenke, bezieht sich auf eine vor längerer Zeit von Savart beschriebene Thatsache, die auf die Mittheilung von Schwingungsbewegungen Bezug hat. Für den Augenblick betrachte ich diese Erscheinungen an sich, unabhängig von den Anwendungen, die man von ihnen machen kann.

In einer Abhandlung, die ich die Ehre hatte vor einigen Monaten der Academie vorzulegen [1]), behandelte ich den Fall mit einem einzigen Läufer, und zeigte die merkwürdige Uebereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung.

In der gegenwärtigen Abhandlung betrachte ich eine beliebige Zahl von Läufern von ungleicher Masse und willkührlicher Vertheilung längs der Saite, und für den Fall, dafs diese Zahl auf zwei reducirt sey, habe ich alle Rechnungen vollständig ausgeführt. Für gleiche

1) Siehe den vorhergehenden Aufsatz. P.

Werthe der Data ist das System einer Unendlichkeit einfacher Bewegungen fähig, entsprechend den verschiedenen Tönen und den verschiedenen Knotenabtheilungen. Diese Reihen von Bewegungen und harmonischen Tönen werden bestimmt durch die Wurzeln einer transcendenten Gleichung, welche wenig complicirt ist, und sogar für den Fall, dafs die beiden Läufer gleiche Masse haben und die Saite in gleiche Stücke theilen, sehr einfach wird. Es ist zu bemerken, dafs es in einer Unzahl von Fällen, zu denen dieser letztere gehört, einfache Bewegungen giebt, die nicht von den Wurzeln der transcendenten Gleichung abhängen, und ich zeige, wie man sie gesondert bestimmen kann. Sie zu vernachlässigen, würde übrigens den gröfsten Uebelstand haben, weil sie, wie die übrigen, in den Ausdruck für die Bewegung bei einem willkührlichen Anfangszustand eintreten müssen.

Dieser Anfangszustand besteht in den Lagen und Geschwindigkeiten aller Punkte zu Anfang der Bewegung. Diefs ist eins der Data, die man gewöhnlich bei Anwendungen des Calcüls in der Physik voraussetzt. Allein ich mufste die Aufgabe noch unter einem anderen Gesichtspunkte auffassen, und annehmen, dafs die Bewegung dem System mittelst eines Geigbogens eingeprägt seyn könnte, und nicht durch eine blofse Ausbiegung aus der Gleichgewichtslage. Nach der Theorie, die ich in einer von der Academie begutachteten Abhandlung über den Geigbogen gegeben habe, bin ich darauf geführt worden die Bewegung einer Saite zu berechnen, die mit Läufern beschwert ist und von constanten, auf ihrer Länge willkührlich vertheilten Kräften angeregt wird. Es entspringt daraus ein analoges Theorem, wie das, welches ich für den Fall einer einfachen Saite bewiesen habe, und welches die Bewegung auf diejenige zurückführt, die ohne äufsere Kräfte stattfinden würde, indem ich es beziehung auf die Gleichgewichtslage der Saite unter dem Einflufs dieser Kräfte.

Da die Gesetze, zu denen ich durch die Analyse geführt ward, nur entfernte Deductionen aus den Date sind, die zum Ausgangspunkt dienten, so konnte ma fürchten, dafs sie von denen, welche die Erscheinunge wirklich befolgen, verschieden seyen. Es war daher ur umgänglich nothwendig sie durch vielfältige Versuche zu prüfen.

Ich wählte zu diesen Versuchen eine Hanfschnur, weil sie biegsamer ist als ein Metalldraht und selbst als eine Darmsaite von gleicher Masse. Länge und Masse derselben, so wie Masse der Läufer waren solche, wie sie in dem Rechnungsbeispiel angenommen wurden, um dessen Bestätigung es sich handelte. Ich bezeichnete auf dieser Hanfschnur die Punkte, die von dieser Rechnung als Knoten, entsprechend den verschiedenen harmonischen Tönen und den verschiedenen einfachen Bewegungen, welche die Saite fähig war, angezeigt wurden. Um hierauf diejenigen zu verificiren, die sich auf eine selbe Bewegung bezogen, legte ich auf sie leichte Gegenstände, welche die Mittheilung der Bewegung von einem Theil zum andern nicht hinderten, und liefs den Bogen folgweis auf jede von ihnen wirken. Der Ton war sehr deutlich, und in jeder Unterabtheilung der Saite der nämliche, wie es seyn mufste, wenn die berührten Punkte wirklich die einem selben harmonischen Ton entsprechenden Knoten waren. Und überdiefs, wenn man einen einzigen berührte und die Schnur in Schwingung versetzte, schienen die übrigen unbeweglich, während alle intermediären Punkte in einer leicht wahrzunehmenden Bewegung begriffen waren.

Allein diese Verificationen würden ungenügend seyn besonders diejenigen, die darin beständen, die Unbeweglichkeit der von der Theorie nachgewiesenen Punkte mit blofsem Auge zu erkennen. Und was die deutlichen und identischen Töne betrifft, welche die verschiedenen Theile der Saite bei leichter Berührung mehrer entsprechender

Kno

Knoten liefern, so würden sie nicht geändert werden, wenn man Punkte in geringem Abstande von den ersteren berührte, weil die natürliche Tendenz zur Regelmäfsigkeit die Bildung von Knoten herbeiführen würde, welche am besten mit der Fast-Unbeweglichkeit der berührten Punkte übereinstimmen könnten. Es war daher nothwendig sich direct zu versichern, ob die Anzahl der von den verschiedenen Theilen der Saite ausgeführten Schwingungen auch die sey, welche der Calcül nachweifst.

Zu dem Ende wandte ich zwei verschiedene Methoden an. Die eine bestand in der Ermittlung der musikalischen Intervalle, welche den von der Saite ohne Läufer gegebenen Ton trennten von denen, welche sie belastet gab. Die andere, welche ich schon in dem Fall eines einzigen Läufers anwandte, bestand darin, dafs ich mittelst einer an der Saite befestigten Spitze die Zahl von Schwingungen zählte, welche sie in derselben Zeit machte, da eine andere Saite eine bestimmte Anzahl vollbrachte. Ich begnüge mich mit dieser Andeutung, da ich sie in der früheren Abhandlung beschrieben habe. Sie war mir besonders nützlich für die sehr tiefen Töne, welche oft schwer zu bestimmen sind, um so mehr als die Saite mehre Töne zugleich geben kann, und der tiefste Ton sich bisweilen so wenig merkbar macht, dafs man ihn ganz überhören kann und an seiner Statt den tiefsten Ton nimmt, welchen man hört, welcher aber nicht der gesuchte ist.

Die Werthe, die ich sonach für die durch r und R bezeichneten Verhältnisse erhalten habe, sind folgende:

$$r_1 = 1{,}4322 \qquad r_2 = 0{,}263 \qquad r_3 = 0{,}1586$$
$$R_1 = 0{,}7625 \qquad R_2 = 0{,}296 \qquad R_3 = 0{,}151.$$

Die Unterschiede zwischen diesen und den von der Theorie angezeigten Werthen sind:

$$+0{,}0005 \qquad -0{,}0088 \qquad -0{,}004$$
$$+0{,}005 \qquad -0{,}01 \qquad -0{,}005.$$

Man sieht, sie alle sind sehr klein, und, sowohl in dem Zeichen als in der Gröfse, ohne Regelmäfsigkeit.

Andere Versuchsreihe.

Bei den vorhergehenden Versuchen behielten die Läufer dieselbe Masse, und ich studirte die Gesetze der verschiedenen Töne, welche die Saite zu geben vermochte. Bei diesen dagegen änderte ich die Masse der Läufer, und suchte das Gesetz der Veränderung des Grundtons, d. h. des tiefsten Tons, welchen die Saite, sich selbst überlassen, geben konnte. Bei dieser Bewegung der Saite hat sie keinen Knoten, und die Dauer der Schwingung wird bestimmt durch die kleinste Wurzel der transcendenten Gleichung. Ich betrachtete folgweise für die Masse μ jeden Läufers die vier folgenden Werthe:

$$\mu = \tfrac{1}{2}\varepsilon l \qquad \mu = \varepsilon l \qquad \mu = \tfrac{3}{2}\varepsilon l \qquad \mu = 2\varepsilon l.$$

Das Verhältnifs r_1, entsprechend der kleinsten Wurzel, müfste nach der Theorie folgende Werthe haben:

$$r_1 = 1{,}23 \qquad r'_1 = 1{,}4317 \qquad r''_1 = 1{,}6093 \qquad r'''_1 = 1{,}7698$$

der Versuch gab:

$$r_1 = 1{,}22 \qquad r'_1 = 1{,}4322 \qquad r''_1 = 1{,}5972 \qquad r'''_1 = 1{,}76935$$

Die Unterschiede sind also:

$$-0{,}01 \qquad +0{,}0005 \qquad -0{,}0121 \qquad -0{,}00045$$

mithin sicher eingeschlossen in die Gränzen der Fehler, welche diese Versuche mit sich bringen. Sie sind verhältnifsmäfsig geringer als die, welche den harmonischen Tönen entsprechen; und diefs rührt ohne Zweifel davon her, dafs die physischen Umstände sich mehr von den mathematischen Hypothesen entfernen, sobald die Länge des schwingenden Theils, bei gleichbleibendem Durchmesser, viel geringer wird. Kurz, *die Uebereinstimmung zwischen Theorie und Erfahrung scheint mir gröfser als nöthig, um die Richtigkeit der von mir aufgefundenen Gesetze festzustellen.*

Aber hätten diese Gesetze nicht alleinig durch den Versuch entdeckt werden können, und war die Rech-

nung ein directeres und schnelleres Mittel dazu? die Antwort scheint mir nicht zweifelhaft: Der Versuch war durchaus unzulänglich! In der That, die Verhältnisse der Schwingungszahlen einer Saite, welche einer grofsen Zahl von Werthen für die Massen der Läufer entsprechen, hätte er wohl kennen lehren können; allein daraus würde nur eine *Tafel*, aber kein *Gesetz* hervorgehen.

Und was würde ferner geschehen seyn, wenn man, statt blofs die Massen der Läufer zu ändern, die Anlegepunkte derselben, die Länge, die Dichte und die Spannung der Saite geändert hätte? Gesetzt auch, diese ungeheure Arbeit wäre mit Genauigkeit ausgeführt, so ist nach meiner Analyse einleuchtend, dafs sie ganz unnütz gewesen wäre, weil diese Erscheinungen nicht den Gesetzen der geraden oder umgekehrten Proportionalität folgen, selbst bei Annahme von Bruchpotenzen. Sie hängen ab von den Wurzeln einer gewissen transcendenten Gleichung, in welche zwar die Data auf eine einfache Weise eingehen, welche aufzufinden aber durch Induction oder empyrische Betrachtungen unmöglich ist.

Bei diesen, wie bei so vielen Untersuchungen, ist demnach die Analyse eine durch nichts ersetzbare Methode zum Erfinden. Von allgemeinen physikalischen Daten ausgehend, hat sie, ohne fremde Hülfe, zu einfachen und genauen Gesetzen geführt, da wo der best geleitete Versuch nur einen verworrenen Haufen besonderer Thatsachen ohne gemeinsames Band zu liefern im Stande war.

VI. *Versuche über den Einflufs der Elasticität bei frei schwingenden Saiten; von N. Savart.*

(*Compt. rend. T. XIV p.* 915.)

Aus meinen Versuchen, sagt der Verf. am Schlusse seiner Abhandlung (die noch nicht veröffentlicht ist), geht

hervor, dafs man, um die Zahl von Schwingungen zu erhalten, die eine gespannte Saite giebt, diese Saite in zwei verschiedenen Zuständen betrachten mufs, zuerst als nicht elastisch, aber der Spannung unterworfen, und dann als nicht gespannt, aber elastisch. Die Summe der Quadrate der Zahlen von Schwingungen, in jeder dieser Hypothesen für sich, ist gleich dem Quadrat der Zahl von Schwingungen, welche die Saite ausführt, wenn sie zugleich elastisch und gespannt ist. Es verhält sich mit der letzten Zahl wie mit der Resultante zweier unter sich rechtwinklichen Kräfte.

Diefs Gesetz bleibt unverändert für alle Spannungen von der nullgleichen bis zu denen, welche die Saite zerreifsen, und daraus folgt, dafs dasselbe nicht dazu dienen kann das Moment kennen zu lehren, wo die Molecülarkräfte auf dem Punkte sind nachzugeben. Alles, was ich in dieser Beziehung habe bemerken können, ist: dafs die Schwingungen desto leichter werden und einen desto stärkeren und reineren Ton hervorbringen, als die Belastungen stärker sind. Mithin befinden sich diese Eigenschaften auf ihrem Gipfelpunkt, im Augenblick wo das Reifsen geschieht.

Diese Betrachtung giebt zu folgender Muthmafsung Anlafs. Sobald die Belastung sehr bedeutend ist, fügt die Elasticität nur eine sehr kleine Anzahl Schwingungen zu derjenigen, welche die Spannung liefert; sie ist relativ nur eine sehr schwache Kraft, und dann allein erlangt, wie gesagt, der Ton seine ganze Reinheit. Andererseits weifs man, dafs die Stäbe auch sehr reine Töne geben, und in diesem Fall ist blofs die Elasticität in Thätigkeit. Ist es daher nicht erlaubt zu glauben, dafs die Natur des Tons von der Combination zweier Kräfte abhange, und dafs sie desto vollkommener sey als eine dieser Kräfte weniger Einflufs habe? Wenn dem so ist, so mufs man, um reine Töne von Saiten zu erhalten, solche anwenden, welche die geringste Elasticität be-

sitzen und zugleich stark gespannt werden können. Die Darmsaiten sind in diesem Fall, und wirklich geben sie Töne von einem weit sanfteren Klange als die Metalldrähte.

VII. *Bemerkung zu der vorstehenden Notiz; von Hrn. Duhamel.*

(*Compt. rend. T. XIV p.* 953.)

In der vorstehenden sehr interessanten Notiz bemerkt Hr. Oberst Savart, dafs ihm seine Versuche nicht diejenigen Zahlen für die Schwingungen der Saiten geben, welche die gewöhnlich angewandte Formel liefert, dafs man aber, wenn in die Data der Rechnung die von Hrn. S. berücksichtigten Umstände eingeführt werden, eine merkwürdige Uebereinstimmung zwischen den Resultaten der Analyse und der Erfahrung finde.

Bei dem Probleme der schwingenden Saiten haben die Mechaniker die Steifheit (*Rigidität*) vernachlässigt und angenommen, es handle sich um einen materiellen, vollkommen biegsamen Faden, obwohl sie übrigens wufsten, dafs diefs nur eine Annäherung sey, und bei einer Metallsaite von geringer Länge das mathematische Gesetz bedeutend von der Erfahrung abweiche. Hr. Savart hatte sich vorgenommen, das Gesetz dieser Abweichungen aufzufinden, und zwar auf experimentellem Wege. Sehr vervielfältigte Versuche haben ihn zu einer einfachen Relation zwischen den drei Gröfsen geführt, die er zu vergleichen beabsichtigte. Diese Gröfsen sind: die Zahl von Schwingungen, welche die gespannte Saite wirklich macht, die Zahl, welche unter denselben Umständen von der Formel angezeigt wird, und die Zahl derjenigen, welche die Saite in derselben Zeit machen würde, wenn

die Spannung Null wäre, und sie blofs unter den aus ihrer Steifheit hervorgehenden Kräften stände. *Das Quadrat der ersten Zahl wurde immer gleich gefunden der Summe der Quadrate der beiden andern.*

Ich will nun zeigen, dafs diese Relation genau die ist, zu welcher der Calcül führt, wenn man die Bedingung der Steifheit in denselben einführt.

Die von den Mathematikern bewiesene Formel ist: $T = KN^2$, worin T die Spannung der Saite, N die Zahl der von ihr in der Zeiteinheit vollbrachten Schwingungen, und K eine Constante, die von der Länge und Masse der Saite abhängt. Bezeichnen wir nun mit N_1 die Zahl, welche der Versuch statt N giebt; und mit N_0 die, welche einer Tension gleich Null entspricht. Nähme man an, die Saite wäre vollkommen biegsam und einer zweckmäfsigen Spannung T_0 unterworfen, so könnte man ihr dieselbe Bewegung geben, welche blofs aus ihrer Steifheit entspringt, und bei welcher sie N_0 Schwingungen in der Zeiteinheit vollführt. Sie befindet sich alsdann in dem Fall, für welchen die Formel gilt, und man wird also haben $T_0 = KN^2_0$. Nun braucht man nur zu der biegsamen Saite die Spannung T hinzuzufügen, damit sie in demselben Fall wie die steife Saite sey, weil man die aus der Steifheit entspringenden Kräfte ersetzt durch die von der Spannung T_0 herrührenden, deren Wirkung die nämliche ist. Man kann also N_1 nach der gewöhnlichen Formel berechnen, wenn man annimmt, die Spannung sey gleich $T + T_0$. Man hat also $T + T_0 = KN^2{}_1$, woraus $N^2{}_1 = N^2 + N^2{}_0$, wie der Versuch des Hrn. Savart gelehrt hat.

Die Resultate dieses geschickten Experimentators bieten also eine schlagende Bestätigung der mathematischen Theorie dar; allein man darf nicht vergessen, dafs man die Saite noch unter andern Umständen befindlich voraussetzen kann, wo diese Uebereinstimmung nicht mehr so genau seyn würde, und wo man neue Elemente in die Rechnung einführen müfste.

Endlich noch eine Bemerkung. Wenn diese Auf-
je zuerst von der Analyse behandelt worden wäre, so
rde man unmittelbar zu dem Gesetz gelangt seyn, das
n nur zu bestätigen gehabt hätte. Nun weifs man,
: viel leichter es ist zu bestätigen als zu entdecken.
n hat also hier ein neues Beispiel von der Nützlich-
t der mathematischen Analyse bei Aufsuchung der Ge-
ze von Naturerscheinungen.

II. *Versuch die mittlere Höhe der Continente zu estimmen; von* Alexander v. Humboldt.

(Aus den Monatsbericht der Academie. Juli 1842.)

Unter den numerischen Elementen, von deren genauer
irterung die Fortschritte der physischen Erdbeschrei-
ıg abhangen, giebt es eines, dessen Bestimmung bis-
fast gar nicht versucht worden ist. Der Unglaube
die Möglichkeit einer solchen Bestimmung ist viel-
ht die Hauptursach dieser Vernachlässigung gewesen.
: Erweiterung aber unseres orographischen Wissens,
: die Vervollkommnung der Karten grofser Länder-
:cken hat (sagt der Verfasser der Abhandlung) mir
ı Muth gegeben, mich seit Jahren einer mühevollen,
r steril scheinenden Arbeit zu unterziehen, deren Zweck
genäherte Kenntnifs der mittleren Höhe der Conti-
ıte, die Bestimmung der Höhe des *Schwerpunkts ihres
lums* ist. Bei diesem Gegenstande, wie bei vielen
leren der Dimensionen des Weltbaues, der wahrschein-
ıen Entfernung der Fixsterne, der mittleren Tempera-
der Erdpole oder des ganzen Luftkreises im Meeres-
'eau, der Schätzung der allgemeinen Bevölkerung der
le, kommt es darauf an, die *Gränz-Zahlen* (*nombres
ites*) zu erlangen, zwischen welche die Resultate fal-
müssen, von dem Bekannten aus einem einzigen Lande,

z. B. von der genau geometrisch und auch hypsometrisch dargestellten Oberfläche von Frankreich, allmälig zu größeren Theilen von Europa und Amerika, durch Analogien geleitet, überzugehen, zugleich aber allen numerischen Angaben nachzuspüren, die in neueren Zeiten, besonders für Inner- und West-Asien, uns in so erfreulicher Fülle zugekommen sind. Astronomische Ortsbestimmungen, um die Gränzen zwischen den Gebirgs-Abfällen und den Rändern der Ebenen bis zu drei- oder vierhundert Meter absoluter Höhe auszumitteln, sind am sorgfältigsten zu sammeln. Die Möglichkeit einer solchen Ergründung der Gränzen und der davon abhängigen Vergleichung des Flächeninhalts der Ebenen und der *Gebirgs-Grundflächen* habe ich früher in geognostischen Untersuchungen über Süd-Amerika gezeigt, wo die lange, auf einer ungeheueren Gangspalte mauerartig erhobene Cordillere der Andes und die Massen-Erhebungen der Parime und Brasiliens in allen älteren Karten so unrichtig umgränzt waren. Es ist eine allgemeine Tendenz der graphischen Darstellungen, den Gebirgen mehr Breite zu geben, als sie in der Wirklichkeit haben, ja in den Ebenen die *Plateaux* verschiedener *Ordnung* mit einander zu vermengen.« Hr. von Humboldt hat zuerst im Jahr 1825 in zwei Abhandlungen, die er in der Akademie der Wissenschaften zu Paris verlesen, die mittlere Höhe der Continente berührt, »*l'évaluation du volume des arêtes ou soulèvemens des montagnes comparé à l'étendue de la surface des basses regions.*« Eine denkwürdige Behauptung von Laplace in der *Mécanique céleste* (*T. V livre XI chap.* 1, *p.* 3) hatte Veranlassuug zu dieser Untersuchung gegeben. Der große Geometer hatte den Satz aufgestellt, daß der Einklang, welcher sich findet zwischen den Resultaten der Pendel-Versuche und der Erd-Abplattung, aus trigonometrischen Grad-Messungen und den Monds-Ungleichheiten hergeleitet, den Beweis davon liefert: »*que la surface du sphéroïde terrestre seroit*

à peu près celle de l'équilibre, si cette surface devenoit fluide. De là et de ce que la mer laisse à découvert de vastes continens, on conclut qu'elle doit être peu profonde et que sa profondeur moyenne est du même ordre que la hauteur moyenne des continens et des îles au-dessus de son niveau, hauteur qui ne surpasse pas mille mètres (3078 Par. Fufs, nur 463 F. weniger als der Brocken-Gipfel nach Gaufs, oder mehr als die höchsten Bergspitzen in Thüringen). *Cette hauteur*, heifst es weiter, *est donc une petite fraction de l'excès du rayon du l'équateur sur celui du pôle, excès qui surpasse 20000 mètres. De même que les hautes montagnes recouvrent quelques parties des continens, de même il peut y avoir de grandes cavités dans le bassin des mers, mais il est naturel de penser que leur profondeur est plus petite que l'élévation des hautes montagnes, les dépôts des fleuves et les dépouilles des animaux marins devant remplir à la longue ces grandes cavités.«* Bei der Vielseitigkeit des gründlichstens Wissens, welche den Gründer der *Mécanique céleste* in so hohem Grade auszeichnete, war eine solche Behauptung um so auffallender, als es ihm nicht entging, dafs das höchste *Plateau* von Frankreich, das, auf welchem die ausgebrannten Vulkane von Auvergne ausgebrochen sind, nach Ramond nur 1044 Fufs, die grofse iberische Hochebene, nach meinen Messungen, nur 2100 Fufs über dem Meeresspiegel liegen. Laplace hat die *obere Gränze* auf tausend Meter nur deshalb gesetzt, weil er den Umfang und die Masse der Gebirgs-Erhebungen für beträchtlicher hielt als sie ist, die Höhe einzelner Pics (*culminirender Punkte*) mit der *mittleren* Höhe der Gebirgs-Rücken verwechselte, die *mittlere* Meerestiefe zu gering anzunehmen besorgte, und zu seiner Zeit keine Data aufgeführt fand, aus denen sich das Verhältnifs des Flächeninhalts (in Quadrat-Meilen) der ganzen Continente zu dem Flächeninhalte der Gebirgs-Grundflächen *schliefsen liefs.* Eine sorgfältige Rechnung er-

gab, dafs die Masse der Andes-Kette von Süd-Amerika auf den ganzen ebenen Theil der östlichen Gras- und Waldfluren pulverartig, aber gleichförmig zerstreut, diese Ebenen, deren Flächeninhalt genau $\frac{1}{3}$ gröfser ist als die Oberfläche von Europa, nur um 486 Fufs erhöhen würde. Hr. von Humboldt schlofs schon damals daraus: »*que la hauteur moyenne des terres continentales dépend bien moins de ces chaînons ou arêtes longitudinales de peu de largeur, qui traversent les continens, de ces points culminans ou dômes qui attirent la curiosité du vulgaire, que de la configuration générale des plateaux de différens ordres et de leur série ascendante, de ces plaines doucement ondulées et à pentes alternantes qui influent par leur étendue et leur masse sur la position d'une surface moyenne, c'est-à-dire sur la hauteur d'un plan placé de manière que la somme des ordonnées positives soit égale à la somme des ordonnes négatives.*« Die Vergleichung, welche Laplace in der oben angeführten Stelle der *Mécanique céleste* zwischen der Tiefe des Meeres und der Höhe der Continente macht, erinnert an eine Stelle des Plutarch im 15. Kapitel seiner Lebensbeschreibung des Aemilius Paulus (*ed.* Reiskii, *T. II p.* 276). Sie ist um so merkwürdiger, als sie uns eine unter den Physikern von Alexandrien allgemein herrschende Meinung kennen lehrt. Nachdem Plutarch den Inhalt einer Inschrift mitgetheilt hat, welche am Olympus gesetzt worden war, und das Resultat der sorgfältigen Höhenmessung des Xenagoras angab, fügt er hinzu: »aber die Geometer (wahrscheinlich die alexandrinischen) glauben, man finde *keinen Berg, der höher, kein Meer, das tiefer sey* als 10 Stadien.« Man setzte keinen Zweifel in die Richtigkeit der Messung des Xenagoras, aber man drückte aus, es müsse durch den Bau der Erde eine völlige Gleichheit geben zwischen den *positiven* und *negativen* Höhen. Hier ist freilich nur von dem Maximum der Höhe und Tiefe die Rede, nicht von

einem *mittleren* Zustande, eine Betrachtung, welche überhaupt sich den alten Physikern wenig darbot, und welche erst bei veränderlichen Gröfsen auf eine der Astronomie heilbringende Weise von den Arabern eingeführt ward. Auch in den Meteorologicis des Kleomedes (I. 10) ist eine Meinung geäufsert, die mit der des Plutarchus gleich lautet, während in den Meteorologicis des Stagiriten (Aristot. *met. II.* 2) nur der Einflufs der Inclination des Meeresbodens von Osten nach Westen auf die Strömung betrachtet wird.

Wenn man versucht die mittlere Höhe der Continental-Erhebungen über dem *jetzigen* Niveau der Meere zu bestimmen, so heifst das, den *Schwerpunkt des Volums* der Continente über dem jetzigen Meeresspiegel aufzufinden, eine Untersuchung, die ganz von der verschieden ist, statt des *centre de gravité du volume*, den Schwerpunkt der Continental-Masse, *centre de gravité des masses*, aufzufinden, da der sich über dem Meere erhebende Theil der festen Erdrinde keineswegs von homogener Dichtigkeit ist, wie die Geognosie und die Pendel-Versuche lehren. Der Gang der einfachen Rechnung ist der: man betrachtet jede Gebirgskette als ein dreiseitiges horizontal liegendes Prisma. Die mittlere Höhe der Gebirgspässe, welche die mittlere Höhe des Gebirgsrückens bestimmt, ist die Höhe der Seitenkante des liegenden dreiseitigen Prismas, senkrecht auf die Fläche gefällt, welche die Basis der Gebirgskette ausmacht. Die Hochebenen (*Plateaux*) sind als stehende Prismen ihrem Inhalte nach berechnet worden. Um ein europäisches Beispiel zu geben, erinnere ich, dafs die Oberfläche von Frankreich 10087 geogr. Quadratmeilen enthält. Nach Charpentier beträgt die Grundfläche der Pyrenäen 430 dieser Quadratmeilen. Obgleich die mittlere Höhe des Kammes der Pyrenäen 7500 F. beträgt, so habe ich doch eine kleinere Höhe angenommen, wegen der Erosionen des liegenden Prismas, welche die häufi-

gen tiefen Querthäler als volumvermindernd bilden. Der *Effect* der Pyrenäen auf ganz Frankreich ist nur 35 Meter oder 108 Fufs. Um diese Quantität nämlich würde die *Normal-Oberfläche* der Ebenen von ganz Frankreich, die sich durch Vergleichung vieler genau gemessener, wohlgelegener, d. h. dem Centrum angehöriger, Orte (Bourges, Chartres, Nevers, Tours etc.) ergiebt und 480 Fufs beträgt, erhöht werden. Die Rechnung, die ich mit Hrn. Élie de Beaumont gemeinschaftlich angestellt, ergiebt nun folgendes allgemeine Resultat:

1) Effect der Pyrenäen	18	Toisen
2) Die franz. Alpen, der Jura und die Vogesen, einige Toisen mehr als die Pyrenäen; ihr gemeinsamer Effect	20	-
3) Es bleiben übrig die Plateaux des Limousin, der Auvergne, der Cevennen, des Aveyron, des Forez, Morvant und der Côte d'or. Ihr gemeinsamer Effect, sehr nahe dem der Pyrenäen gleich	18	-
Da nun die Normal-Höhe der Ebenen von Frankreich in der weitesten Erstreckung	80	-
so ist die *mittlere Höhe* von Frankreich höchstens	136	Toisen
	oder 816	Fufs.

Die baltischen, sarmatischen und russischen Ebenen sind nur durch die Meridian-Kette des Ural von den Ebenen von Nord-Asien getrennt; daher denn Herodot, dem der Zusammenhang um die südliche Extremität des Urals im Lande der Issidonen bekannt war, ganz Asien nördlich vom Altai Europa hiefs. In dem cisuralischen Theile unserer baltischen Ebenen sind, dem Littoral der Ostsee nahe, partielle Masse-Erhebungen, die eine besondere Rücksicht verdienen. Westlich von Danzig, zwichen dieser Stadt und Bütow, wo das Seeufer

weit gegen Norden vortritt, liegen viele Dörfer 400 Fuſs hoch; ja der Thurmberg, dessen Messungen zu vielen hypsometrischen Streitigkeiten Anlaſs gegeben haben, erhebt sich nach Major Baeyer's trigon. Operation zu 1024 Fuſs, — vielleicht die gröſste Berghöhe zwischen dem Harz und Ural. Sonderbar, daſs nach Struve's Messung der culminirende Punkt von Livland, der Munamaggi, bis auf 4 T. die Höhe des pommerschen Thurmberges erreicht, ja daſs eben so übereinstimmend nach Schiffscap. Albrecht's neuer Seekarte die gröſste Tiefe der Ostsee zwischen Gothland und Windau 167 T. beträgt, wenn der Thurmberg 170 T. hat. Das Loch hat 4 Quadratmeilen. Das ausschlieſslich europäische Flachland, dessen Normal-Höhe man nicht über 60 T. anschlagen kann, hat, genau gemessen, 9 Mal den Flächeninhalt von Frankreich. Die ungeheure Ausdehnung dieser niederen Region ist die Ursach, warum die mittlere Continental-Höhe von ganz Europa mit seinen 170,000 geogr. Quadratmeilen um volle 30 T. kleiner ausfällt als das Resultat für Frankreich. Ohne länger durch Zahlen ermüden zu wollen, füge ich nur die, für eine allgemeine geognostische Ansicht nicht ganz unwichtige Betrachtung hinzu, daſs Massen-Erhebungen von ganzen Ländern als Hochebenen einen ganz anderen Effect auf Erhöhung der Schwerpunkte des Volums hervorbringen als Bergketten, wenn sie auch noch so beträchtlich an Länge und Höhe sind. Während die Pyrenäen auf ganz Europa kaum den Effect von 1 Toise, das Alpensystem, dessen Grundfläche die der Pyrenäen fast vier Mal übertrifft, den Effect von $3\frac{1}{2}$ T. hervorbringen, bewirkt die iberische Halbinsel mit ihrer compacten Plateau-Masse von 300 T. Höhe einen Effect von 12 T. Das iberische Plateau wirkt demnach auf ganz Europa vier Mal so viel als das Alpensystem. Das Resultat der Rechnungen ist meist so befremdend, daſs es sich aller Vorausbestimmung zu entziehen scheint.

Ueber die Gestaltung von Asien ist in den neuesten Zeiten viel Licht verbreitet worden. Der Effect der südlichen colossalen Erhebungs-Massen wird dadurch vermindert, dafs $\frac{1}{3}$ des ganzen Continents von Asien, ein Theil Sibiriens, der selbst um $\frac{1}{3}$ den Flächeninhalt von Europa übertrifft, nicht 40 T. Normal-Höhe hat. Das ist selbst noch die Höhe von Orenburg an dem nördlichen Rande der caspischen und turanischen Senkung. Tobolsk hat nicht die Hälfte dieser Höhe; und Kasan, das fünf Mal entfernter von dem Littoral des Eismeeres liegt als Berlin von der Ostsee, hat kaum die Hälfte der Höhe unserer Stadt. Am oberen Irtysch, zwischen Buktarminsk und dem Saysan-See, an einem Punkte, wo man dem indischen Meere näher als dem Eismeere ist, fanden wir die Ebene noch nicht 800 Fufs hoch, ein sogenanntes Central-Plateau Inner-Asiens, das noch nicht die Hälfte der Erhebung des Strafsenpflasters von München über dem Niveau des Meeres hat. Das einst so berühmte Plateau zwischen dem Baikal-See und der chinesischen Mauer (die steinige Wüste Gobi oder Cha-mo), das die russischen Akademiker Bunge und Fufs barometrisch gemessen, hat nur die mittlere Höhe von 660 T. (3960 F.), als setze man die Müggelsberge auf den Gipfel des Brocken; ja das Plateau hat in seiner Mitte, wo Ergi liegt (Br. 45° 31′), eine muldenartige Vertiefung, wo der Boden bis 400 T. (2400 F.), fast bis zur Höhe von Madrid, herabsinkt. »Diese Senkung,« sagt Hr. Bunge in einem noch ungedruckten Aufsatze, den ich besitze, »ist mit Halophyten und Arundo-Arten bedeckt; und nach der Tradition der Mongolen, die uns begleiteten, war sie einst ein grofses Binnenmeer.« Beide Extremitäten dieses alten Binnenmeeres sind durch flache Felsränder, ganz einem Seeufer gleich, bei Olonbaischan und Zukeldakan begränzt. Das Areal des Gobi in seiner einförmigen Massen-Erhebung von SW. gegen NO. ist zwei Mal so grofs als ganz Deutschland, und würde den *Schwer-*

punkt von Asien um 20 T. erhöhen, während der Himalaya und das den Hindou Kho fortsetzende Kouen-lun sammt der tübetanischen Hochebene, die Himalaya und Kouen-lun verbindet, einen Effect von 56 T. hervorbringen würden. Bei der Berechnung des ungeheuren Reliefs zwischen den indischen Ebenen und dem niedrigen, von dem milden Kaschgar gegen den Lop-See östlich abfallenden Plateau des Tarím war der Punkt zu beachten nahe dem Meridian des Kaylasa und der zwei heiligen Seen Manassa und Ravana-hrada, von wo an der Himalaya nicht mehr von Osten gen Westen dem Kouen-lun parallel läuft, sondern sich, von SO.-NW. gerichtet, dem Berggurten des Tsun-ling anschaart. Die Höhen der zahlreichen Bergpässe von Bamian bis zu dem Meridian des Tschamalari (24,400 F.), bei welchem Turner auf das tübetanische Plateau von H'Lassa gelangte, also in einer Ausdehnung von 21 Längengraden, sind bekannt. Der gröſsere Theil derselben ist sehr einförmig 14,000 engl. Fuſs (2200 T.), eine in den Pässen der Andes-Kette gar nicht ungewöhnliche Höhe. Die groſse Landstraſse, der ich von Quito nach Cuenca gefolgt bin, hat z. B. am Assuay (Ladera de Cadlud) schneefrei die Höhe von 2428 T., das ist fast 1400 F. mehr als jene Himalaya-Uebergänge. Die Pässe, wie ich bereits früher bemerkt, bestimmen die mittlere Höhe der Gebirgskämme. In einer Abhandlung über das Verhältniſs der höchsten Gipfel (culminirenden Punkte) zu der Höhe der Gebirgsrücken habe ich gezeigt, daſs der Gebirgsrücken der Pyrenäen, aus 23 Pässen (*cols, hourques*) berechnet, 50 T. höher als der mittlere Gebirgsrücken der Alpen ist, obgleich die Culminationspunkte der Pyrenäen und Alpen sich wie 1 zu $1\frac{4}{10}$ verhalten. Da einzelne Himalaya-Pässe, z. B. Niti Gate, durch das man in die Ebene der Schaal-Ziegen aufsteigt, 2629 T. hoch sind, so habe ich die mittlere Höhe des Himalaya-Rükkens nicht zu 14,000 engl. Fuſs, sondern, wenn gleich

überschätzt, zu 15,500 F. (2332 T.) angeschlagen. Da Plateau der drei Tübets von *Iscardo, Ladak* und *H'Lass* ist eine Intumescenz zwischen zwei anschaarenden Ketten (Himalaya und Kouen-lun). Vigne's eben erschienene Reise nach Baltistan oder Klein-Tübet, die von Lloyd besorgte Ausgabe der Journale der Gebrüder Gerard, so wie neue in Indien selbst angeregte Streitigkeiten über die relative Höhe der ewigen Schneegränze an dem indischen und tübetanischen Abhange des Himalaya haben immer mehr gezeigt, dafs die mittlere Höhe der tübetanischen Hochebene bisher ansehnlich überschätzt worden ist. In seinem Werke *Asie centrale*, von dessen drittem Bande nur noch wenige Bogen ungedruckt sind, und welches von einer hypsometrischen Karte von Asien vom Phasis bis zum Golf Petcheli, vom Zusammenflufs des Ob und Irtysch bis zum Parallel von Delhi begleitet ist, glaubt Hr. von Humboldt durch Zusammenstellung vieler Thatsachen zu beweisen, dafs die Intumescenz zwischen Himalaya und Kouen-lun (der südlichen und nördlichen Gränz-Kette von Tübet) nicht 1800 T. mittlerer Höhe übersteigt, also selbst 200 T. niedriger als die Hochebene des Sees Titicaca ist.

Die hypsometrische Configuration des asiatischen Festlandes, in der die Ebenen und Senkungen vielleicht noch auffallender als die colossalen Hebungen sind, zeichnet sich durch *zwei charakteristische* Grundzüge aus: 1) durch die lange Reihe von Meridian-Ketten, die mit parallelen Axen, aber *unter sich alternirend* (vielleicht gangartig *verworfen*), vom Cap Comorin (Ceylon gegenüber) bis an die Küste des Eismeers, in gleichmäfsiger Richtung, SSO.-NNW., unter dem Namen der *Ghates*, der *Soliman-Kette*, des *Paralasa*, des *Bolor* und des *Ural* hinstreichen. Diese alternirende Lage der *goldreichen Meridian-Ketten* (Vigne hat neuerdings am östlichen Bolor-Abfall, im Basha-Thale des Baltistan, die vom tübetischen Murmelthiere, Herodot's *grofsen Ameisen*,

sen, durchwühlten Goldsandschichten besucht) offenbart das Gesetz, dafs keine der eben genannten fünf Meridian-Ketten, zwischen 64° und 75° Länge, neben der nächsten gegen Osten und Westen *vorbeistreicht*, auch dafs jede neue longitudinale Erhebung erst in *der* geogr. Breite beginnt, welche die vorhergehende noch nicht erreicht hat. 2) Ein anderer, ebenfalls nicht genug beachteter, charakteristischer Zug der Configuration von Asien ist die *Continuität einer ungeheuren ost-westlichen Hebung*, zwischen Br. 35° und 36° ½, vom Takhialoudagh an im alten Lycien bis zur chinesischen Provinz Houpih, eine Hebung, die drei Mal von Meridian-Ketten (Zagros in West-Persien, Bolor in Afghanistan, Assam-Kette im Dzangbo-Thale) durchschnitten wird. Von Westen gegen Osten heifst diese Kette, auf dem *Parallel des* Dicäarchus, welcher zugleich der Parallel von Rhodus ist: *Taurus Elbruz*, *Hindou Kho*, und *Kouenlun* oder *A-neoutha*. In dem dritten Buche der Geographie des Eratosthenes findet sich der erste Keim des Gedankens einer ununterbrochen fortlaufenden, ganz Asien theilenden Bergkette (Strabo, *XV*, *p*. 689, *Cas*.). Dicäarchus sah den Zusammenhang ein zwischen dem kleinasiatischen Taurus und den indischen Schneebergen, denen die Erzählungen und Lügen der Begleiter des Macedoniers bei den Griechen so viel Ruf verschafft hatten. Man legte Wichtigkeit auf den *Parallel von Rhodus* und auf die Richtung dieser unermefslichen Bergkette. Die »Chlamyde« von Asien sollte unter diesem Parallel am breitesten seyn (Strabo, *XI*, *p*. 519); ja weiter gegen Osten könnte (wie Strabo sagt) *ein anderer Continent* liegen. Sonderbare geognostische Träume über eine Zone, einen Breitengrad, eine Spaltung der Erdoberfläche, in der vorzugsweise Continental- und Bergerhebungen stattgefunden haben, ja in der auch die Strafse und die Säulen des Hercules bei Gades (*lat*. 36°) liegen. Der Taurus und die Hochebenen von Kleinasien

hatten den Einflufs der Höhe auf die Temperatur den griechischen Physikern zuerst recht merklich gemacht. »Auch in südlichen Erdstrichen,« sagt der grofse Geograph von Amaseia (Strabo, *II*, *p*. 73), indem er das Klima der nördlichen Küsten von Kappadocien mit der 3000 Stadien südlicheren Ebene um den Argaios vergleicht, »sind die Berge und jeder hohe Boden kalt, *wenn er auch eine Ebene ist.*« Strabo allein unter allen griechischen Schriftstellern gebraucht das schön bezeichnende Wort *ὀροπέδια*, *Berg-Ebenen.*

Nach dem Schlufsresultat der ganzen Arbeit des Hrn. von Humboldt ist das von Laplace angegebene Maximum der mittleren Continental-Höhe um $\frac{2}{3}$ zu grofs. Der Verf. der Abhandlung findet für die drei Welttheile, die er berechnet (an Afrika würde zu früh seyn sich zu wagen!), folgende numerische Elemente:

Europa	105 T.	(205 Met.)
Nord-Amerika	117 T.	(228 Met.)
Süd-Amerika	177 T.	(345 Met.)
Asien	180 T.	(351 Met.).

Für den ganzen Neuen Continent ergeben sich 146 T. (285 M.), und für die *Höhe des Schwerpunkts des Volums aller Continental-Massen* (Afrika nicht eingerechnet) *über dem heutigen Meeresspiegel* 157,8 T. oder 307 Meter. Hr. von Hoff hat auf einer Landstrecke von 224 geogr. Quadratmeilen die Höhen von 1076 Punkten mit seltener Genauigkeit gemessen, und zwar in einem meist gebirgigen Theile Thüringens. Er bestimmte demnach fast fünf Höhen auf jeder Quadratmeile; aber diese Höhen waren ungleich vertheilt. Hr. von Humboldt forderte, wegen der Laplace'schen Behauptung über die Continental-Massen, Hrn. von Hoff auf, die mittlere Höhe seines hypsometrisch vermessenen Landstrichs zu berechnen. Dieser findet sie zu 166 T. (*Höhen-Messungen in und um Thüringen*, 1833, S. 118), also nur 8 T. mehr als das Resultat des Hrn. von Hum-

ldt. Man darf daraus schliefsen, dafs, da eine sehr birgige Gegend Thüringens gemessen wurde, das Reltat von 157 T. oder 942 Fufs als Gränzwerth (*nombre nite*) noch eher zu grofs als zu klein ist. Bei der Gefsheit eines progressiven, aber partiellen Aufsteigens n Schweden (eine für die physische Erdbeschreibung wichtige Gewifsheit, die wir Leop. von Buch vernken) kann man glauben, dafs diese Lage des Schwernkts nicht immer dieselbe bleiben werde; aber bei einlnen herabsteigenden Massen und bei der Kleinheit der äume, auf welche die unterirdischen Kräfte zu wirken heinen, wird die, sich grofsentheils selbst compensinde Variation im Ganzen wenig störend auf den Schwernkt des Ueber-Oceanischen einwirken. In den numeschen Resultaten jener hypsometrischen Arbeit offenbart ch auf's Neue: dafs die geringsten Höhen in unserer emisphäre den Continental-Massen des Nordens zugeren. Europa giebt 105 T., Nord-Amerika 117 T. ie Intumescenz Asiens, zwischen 28° und 40° Breite, mpensirt die mindernde Wirkung des sibirischen Tiefndes. Asien und Süd-Amerika geben 180 und 177 T an liest gewissermafsen in jenen Zahlen, in welchen heilen unserer Erdoberfläche der *Vulkanismus* (die eaction des Innern gegen das Aeufsere) durch uralte ebungen am kräftigsten gewirkt hat.

X. *Ueber die Eigenschaft des Oels, die Meereswogen zu besänftigen und die Oberfläche des Wassers vollkommen durchsichtig zu machen; von Hrn. A. Van Beek.*

(*Ann. de chim. et de phys. Ser. III T. IV p.* 257.)

---

n der physischen, wie in der moralischen Welt wern oft wichtige Resultate durch anscheinend sehr unbe-

deutende Ursachen hervorgebracht. Ist es nicht wirkli
zu verwundern, dafs der Mensch, obgleich überführt vo
dieser Wahrheit durch so zahlreiche Beispiele aus de
Geschichte der Völker und der Wissenschaften, doch s
leichtsinnig in seinen Urtheilen, so voreilig in seine
Entscheidungen ist, dafs er oft jede Bezeichnung zw
schen Ursache und Wirkung anzuerkennen sich weiger
sobald ihm in seinem beschränkten Verstand die ein
nicht proportionirt der andern erscheint, dafs er ein Hei
mittel für ein gefährliches Uebel ausschlägt, nur weil e
ihm zu einfach vorkommt?

Wenn inmitten eines heftigen Sturms, das Schi
vom Stofs der Wellen bedroht, oder die Schaluppe, we
che durch die ungestüme Brandung hin das Ufer zu e
reichen sucht, nahe am Umschlagen ist, eine geringe Men
Oel auf das Meer gegossen wird, um die aufgeregte
Wogen zu beruhigen, dann gewifs scheint mehr als
das einfache Mittel ganz aufser Verhältnifs zum Zwe
zu stehen, und Derjenige, welcher es während der G
fahr als Weg zum Heile vorschlüge, würde schwerli
Glauben finden.

Und doch ist es wahr, buchstäblich wahr, dafs d
Oel, unter gewissen Umständen, die Tugend besitzt, d
aufgeregte Meer zu besänftigen, die Wogen zu stillen.

Schon die Alten wufsten diefs, und das, was di
heutigen Schiffer verachten oder ohne weitere Prüfun
verwerfen, war den früheren Seeleuten verschiedener Na
tionen, namentlich den holländischen Fischern und de
Grönlandsfahrern, sehr wohl bekannt; mehr als ein Schi
verdankt ihm, nächst Gott, seine Rettung.

Der erste Theil dieser Abhandlung wird die Be
weise hievon geben, und untersuchen, was an den zahl
reichen Nachrichten angesehener Seefahrer Glaubenswü
diges ist; auch ein Detail von Versuchen enthalten, we
che in Betreff der sonderbaren Eigenschaft öliger Flü
sigkeiten, die vom Winde aufgeregten Gewässer zu b
sänftigen, von Physikern angestellt worden sind.

Im zweiten Theil werde ich mich bemühen die physikalischen Grundsätze, auf welchen diese Erscheinung zu beruhen scheint, zu entwickeln, so weit ich im gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft die Möglichkeit dazu vorfinde.

Das die Alten schon bekannt waren, mit der Fähigkeit des Oels, das Meer still und glatt zu machen, ersehen wir aus Plutarch und Plinius, welcher letzterer im zweiten Buche seiner *Historia naturalis* davon spricht. Nach Plutarch hat schon Aristoteles die wahrscheinliche Ursache dieser Erscheinung angegeben, ein Beweis seines Scharfsinns, von dem wir späterhin noch reden werden.

Während der Dunkelheit des Mittelalters mengte sich der Aberglaube in diese wie in so manche andere Angelegenheit. Die Priester benutzten sie, so scheint es, zur Befestigung ihres Ansehens.

Nach Canisius [1]), der über die Wunder ein Werk in mehren Bänden, zum Theil in Versen, geschrieben hat, gehörte es zu den Wundern des heiligen Bischoffs Aedanus, dafs er einem Priester, der eine Seereise machen wollte, geweihtes Oel mit gab, um damit während eines Sturms, den er ihm vorher gesagt hatte, die Wuth der Wellen zu besänftigen. Diefs gelang auch vollkommen; denn, sagt das Gedicht des Canisius, nachdem eine geringe Menge dieses Oeles ausgegossen worden, beruhigte sich das Meer, die ungestümen Wogen legten sich, und man setzte fröhlich die Reise fort [2]).

In einem der Dialoge des Erasmus, betitelt *Naufragium*, findet sich eine Stelle, die Aehnliches berichtet. Nachdem er in einer witzigen, aber sehr beifsenden Weise die übermäfsige Furcht und die abergläubischen Handlungen der Schiffsmannschaft während der drohenden Ge-

1) *Lect. antiq. T. V pt. II p.* 696, *ed. Ingolstadt.*

2) *Quomodo idem* Aedanus, *tempestatem nautis praedicens, oleum, quo mitigaretur, dederit.*

fahr eines Schiffbruchs geschildert, sagt er, dafs mehre sich auf das Verdeck niederwarfen, das Meer anbeteten, demselben die zärtlichsten Namen beilegten und dabei alles am Bord befindliche Oel in die Wogen gossen [1]).

Auch die Chinesen schütten Oel, so wie Thee und geistige Getränke, in's Meer, als ein den Schutzgeistern ihrer Küste gebrachtes Opfer, um sich eine glückliche Ueberfahrt zu sichern.

Ein Beispiel davon finde ich im J. 1793 angeführt, als die britische Gesandtschaft in China, auf der Rückreise von Peking, sich anschickte, mit ihren *Yachten* und *Fähren* über den gelben Flufs zu setzen [2]). George Staunton, der diese Reise beschrieben, betrachtet es als etwas sehr Natürliches, dafs, nachdem man viel Oel in's Wasser gegossen hatte, die aufgeregten Wellen sich besänftigten [3]).

Eben so haben die türkischen Schiffer die Gewohnheit, ihrem Propheten zum Opfer, Oel in's Meer zu giefsen, besonders wenn sie die Meerenge von Gibraltar passiren.

Als ein Beispiel, wie die alten Theologen die Physik behandelten, und sich oft darin gefielen, ihre religiösen Doctrinen mit derselben zu vermengen, will ich erwähnen, dafs einer derselben, Simon Majolus mit Namen, der ein im J. 1607 erschienenes Werk geschrieben hat, dem in Rede stehenden Phänomen darum allen Glauben abspricht, weil dadurch, wie er meint, das of-

1) *Des.* Erasmi *Roterodami colloquia, cum notis selectis variorum, addito indice novo, accurante* Corn. Schevelio, *Amst.* 1693, *Naufragium, p.* 235.

2) *Voyage dans l'intérieur de la chine et en Tartarie, fait dans les années* 1792, 1793 *et* 1794 *par Lord* Macartney *etc. Paris* 1798 *T. III p.* 305.

3) *Ibid. p.* 308.

fenbare Wunder unseres Herrn Heilandes auf dem See Genezareth seinen Werth verlieren würde! [1]).

Von den Physikern scheint die merkwürdige Eigenschaft des Oels bis zur Mitte des vergangenen Jahrhunderts unbeachtet gelassen zu seyn, bis der berühmte Erfinder der Blitzableiter, der würdige Benjamin Franklin, ein wahrer Freund der Humanität, stets begierig von jeder ihm bekannten Sache eine nützliche Anwendung zu machen, sie auf's Neue hervorzog.

Während einer langen Zeit beschäftigte er sich ausschliefslich mit minutiösen Untersuchungen dieses Phänomens, auf welches seine Aufmerksamkeit zuerst im Jahr 1757 hingelenkt wurde, auf einer Reise, die er mit einer Flotte von 96 Segeln nach Louisbourg mitmachte. Während eines frischen Windes nahm er mit Erstaunen gewahr, dafs die Furchen zweier Schiffe sehr glatt blieben, wogegen die von andern stark vom Winde bewegt wurden. Er drückte darüber seine Verwunderung gegen den Befehlshaber des Schiffes aus, auf welchem er sich befand; und dieser antwortete ihm darauf, wie wenn die Erscheinung eine ganz bekannte wäre, dafs wahrscheinlich die Köche beider Schiffe fettiges Wasser durch das Speigatt ausgegossen hätten, und dadurch die Schiffsverkleidung fettig geworden wäre. Franklin lebhaft erregt von dieser Antwort, suchte sich über eine Sache, die ihm so wichtig erschien, alle mögliche Belehrung zu verschaffen, und bald fand er, dafs der Gebrauch des Einschüttens von Oel in das Meer seit undenklicher Zeit von Schiffern, und besonders von Fischern verschiedener Nationen, gekannt und benutzt worden war.

Von da an beschlofs er, das Phänomen selber genau zu untersuchen, und dabei bestätigte es sich ihm vollkommen. Der grofse Mann fand so viel Vergnügen an den Versuchen über diesen Gegenstand, dafs er den Knopf seines Spatzierstocks zur Aufnahme einer gewis-

1) S. Majolus, *in dieb. canicul. p.* 385.

sen Menge Oel hatte einrichten lassen, um sich desselben auf seinen Promenaden zu bedienen, wann sich Gelegenheit dazu darböte. Aus eigner Erfahrung hatte er bereits gelernt, dafs es zur Besänftigung der Wellen nur einer sehr kleinen Menge Oels bedurfte, und gerade dieser Umstand machte ihm die Erscheinung so aufserordentlich. Bei einem Versuch, den er in der Umgegend von *London*, in der Gemeinde *Clapham*, an einem Teich von der Gröfse eines halben Acre [1]) anstellte, wurde, als er auf der Windseite, d. h. dort, wo die Wellenbildung begann, nur einen einzigen Löffel voll Oel in den Teich gofs, das Wasser sogleich spiegelglatt. Mit einer unglaublichen Schnelligkeit breitete es sich über die ganze Wasserfläche aus.

Bei Aufschüttung des Oels an der entgegengesetzten Seite des Teichs, da, wo die Wellen am gröfsten waren, gelang der Versuch nicht. Das Oel wurde sogleich vom Winde an's Ufer getrieben und die Wellen beruhigten sich nicht.

Einen anderen Versuch machte er im J. 1773 in dem Bassin des *Green-Park* zu London, in Gegenwart mehrer Zeugen, unter andern des Prof. Allamand von Leyden und des Grafen v. Bentinck.

Fast zur selben Zeit oder kurz darauf finde ich den Gegenstand wissenschaftlich behandelt von einem ausgezeichneten Physiker, dem Abbé Mann, der darüber in den *Mémoires de l'académie impériale et royale des Sciences et belles-lettres de Bruxelles* von 1780 (*T. II p.* 257) eine interessante Abhandlung geliefert hat. Die zahlreichen Versuche, die er mit verschiedenen Arten Oel und unter mannigfaltigen Umständen anstellte, sowohl auf den *Iperlée*-Flufs, als an der flandrischen Küste, auf offnem Meere und in dem Hafen von *Niewpoort*, sind so überzeugend und haben in ihren Resultaten so viele Aehnlichkeit mit denen Franklin's, dafs an der Wahr-

1) Ein Acre = 160 Quadratruthen engl. = 4046,71 Quadratmeter.

heit der Sache nicht der mindeste vernünftige Zweifel übrig bleiben kann.

Wenn das Oel so eingegossen ward, dafs es dem Lauf des Windes und der Strömung folgen konnte, verfehlte es nie seine Wirkung. Drei Löffel voll Leinöl waren bei einem ziemlich starken Winde hinreichend, die ganze Wasserfläche eines Teichs von 20 Toisen Länge und 10 Breite vollkommen glatt zu machen; während auf dem Flusse Iperlée ein einziger Löffel voll genügte, um auf einer Fläche von 20 Quadrat-Toisen alle Furchen und Kräuselungen zu vernichten.

Als er während der Rückfluth (*reflux*) Oel in's Meer gofs, sah er die dadurch hervorgebrachte glatte und glänzende Fläche von dem Strom in's Meer geführt und noch in weiter Ferne unterschied er sie an dem Reflex, so wie an der Ausdehnung des Schaums und des Brechens der Deining (*dimension de l'écume et des brisants. de la houle*), obgleich das Rollen und Wallen (*soulèvement*) der Wogen wie zuvor unausgesetzt fortfuhr.

Nach Beendigung seiner Versuche, an der Mündung des Hafens von Niewpoort angestellt, warf er eine offene Flasche mit einer halben Pinte Leinöl in die Wellen. »Die Flasche, sagte er, ging wegen der Schwere des schwarzen Glases und wegen des eindringenden Salzwassers, welches den Rest des Oels austrieb, bald zu Grunde, und das Oel breitete sich augenblicklich über die ganze Wasserfläche aus, bis es diese in der vollen Breite des Hafens glatt und glänzend gemacht, die von der Fluth und dem Winde verursachte Deining und Brandung vermindert hatte.

Je stärker der Wind auf diese fettige Oberfläche blies, desto mehr wurden die Wellen (*vagues*) herabgedrückt und verflächt; das Rollen und Aufwallen der vom Meere kommenden Wogen (*flots*) hielt indefs fortwährend an. Die Wirkungen dieser kleinen Menge Oel hielten, obwohl abnehmend, eine gute Viertelstunde an.

bis das Oel in's Meer zerstreut oder gegen die Ufer des Hafens getrieben worden war.

Durch vergleichende Versuche mit verschiedenen Oelarten fand Mann, dafs *Leinöl*, *Rüböl* und andere *vegetabilische* Oele besser und schneller wirkten als die zäheren *animalischen*.

In Betreff der nützlichen Anwendungen, die von diesen Erscheinungen gemacht werden könnten, sagt Mann, dafs wenn ein Schiff zur Sturmeszeit eine beträchtliche Menge Oel in die Wogen giefse und deren Spuren auf der Windseite folge, es sich wohl gegen die ungeheuren Wogen und Sturzseen (*brisants*) schützen könne, die sonst in jedem Augenblick auf das Schiff hereinbrechen und es zu versenken drohen. So schiffend dürfe man hoffen, auf freiem Meere einem starken Sturm zu entwischen. Unter solchen Umständen handle es sich nicht um genaue Verfolgung des Weges.

Ferner würde nach diesem Schriftsteller die Ausschüttung des Oels von Nutzen seyn, um die Brandung an den Küsten zu stillen, und somit den Böten und Schaluppen der Schiffe, für welche sie eben dieser Brandung wegen ganz unzugänglich sind, das Landen zu erleichtern, wozu sie sowohl bei Schiffbrüchen als zur Einnahme von Wasser und Lebensmitteln häufig gezwungen werden. »Wie viele Inseln voller Früchte und der heilsamsten Erfrischungen für die skorbutische Schiffsmannschaft haben nicht Biron und andere Weltumsegler in der Südsee während der gröfsten Nöthen unangerührt, mit schmachtenden Augen nach den reich beladenen Bäumen, vorbeigehen lassen müssen, blofs weil sie durch unermefsliche Brandungen ihnen unzugänglich waren! Einige Fäfschen Oel zu rechter Zeit in's Meer geschüttet, würden sie aus ihrer Bedrängnifs befreit haben.«

Vor den meisten Seehäfen und Flufsmündungen finden sich Bänke von Sand und Schlamm, *Barren* genannt, auf welchen die Meereswogen sich mit Heftigkeit brechen,

so dafs es oft für Schaluppen und Barken gefährlich ist, sie zu passiren. Der Abt Mann versichert, dafs man, wenn man bei Annäherung an diese einige Krüge voll Oel in's Meer giefse, die Wellen auf eine erstaunenswürdige Weise besänftige, und, den Oelspuren folgend, mit Sicherheit Brandungen durchschneiden könne, welche sonst diese leichten Fahrzeuge unfehlbar versenkt haben würden.

In Rufsland sind ähnliche Versuche von dem gelehrten Osoreskowsky auf dem Onega-See bei stürmischem Wetter angestellt worden [1]); sie haben gleiche Resultate gegeben. Der Experimentator sah, so weit das Oel sich ausbreitete, das Meer spiegelglatt werden; und obwohl die Wellen noch unter dem Oele fortbestanden, so schienen sie doch wie mit einem Gewicht beschwert, oder wie durch eine unsichtbare Macht niedergedrückt; sie hatten nicht die Kraft die leichte Oelschicht zu durchbrechen, sondern trieben sie allmälig, wohin der Wind das Wasser trieb.

Die letzten Versuche dieser Art, die zu meiner Kenntnifs gelangten, sind endlich 1837 in Holland vom Hrn. P. Van Leeuw (wohnhaft zu Zwanenburg, auf halbem Wege zwischen Amsterdam und Harlem) ausgeführt, bei starkem Winde auf den Gewässern des Harlemer Meers.

Die Resultate dieser Versuche stimmen in der Hauptsache so vollkommen mit den schon erwähnten, dafs es überflüssig seyn würde, sie hier auseinanderzusetzen. Man findet die Details in der *Algemeene Konst en Letterbode*, 1837, *No.* 10 *p.* 157; doch ist zu bedauern, dafs von diesen Versuchen nicht alle Einzelheiten genau angegeben sind.

Hr. Van Leeuw glaubte zu beobachten, dafs das Wasser, aufserhalb der Oelschicht, stärker aufgeregt sey; allein darin hat ihn, meiner Meinung nach, sein Gesicht betrogen, wegen des Contrastes, den der vom Oel beruhigte und geglättete Theil der Oberfläche gegen den

1) Halle's *Magie*, *T. IV.*

noch bewegten Rest derselben bildet. Dieser Umstand wird indefs auch von anderen Beobachtern hervorgehoben, und verdiente daher wohl sorgfältig untersucht zu werden.

Den Seefahrern ist der Gebrauch des Oels schon seit lange bekannt, und von ihnen mit dem besten Erfolg angewandt. Diefs erhellt aus einem interessanten Werk, erschienen zu Leyden im J. 1775, unter dem Titel: *Berigten en Prysvragen over het storten van olie, traan, teer of andere dryvende stoffen in Zeegevaren; door* Frans van Lelyveld, begleitet von dem Verfasser mit dem Versprechen einer Prämie von dreifsig Ducaten für Denjenigen, der gewisse, von ihm über diesen Gegenstand aufgeworfene interessante Fragen in genügender Weise beantworten würde.

In diesem Werke findet man unter andern, dafs Hasselaar, Bürgermeister von Amsterdam, wenn er beim Examen der Kapitaine und Lootsen der ehemaligen ostindischen Compagnie anwesend war, die Gewohnheit hatte, nach dem Examen die Kandidaten zu fragen, was sie wohl machen würden, wenn sie auf tobendem Meere mit Schaluppen das Ufer erreichen wollten und jedem Augenblick in Gefahr ständen von einer Welle verschlungen zu werden. Wenn er keine genügende Antwort erhielt, sagte er ihnen: »Nehmt ein Krüglein Oel und giefst es hinter eurer Schaluppe aus; durch dieses Mittel werdet ihr die Brandung vernichten.«

Das Werk von Van Lelyveld war Veranlassung, dafs die ostindische Compagnie den Befehl gab, dafs alle ihre Schiffe Versuche über diesen Gegenstand machen, und zu dem Ende, wenn sie unter Segel gingen, mit einer gewissen Menge Oel versehen werden sollten. Es wäre interessant nachzusehen, ob diese Vorschrift befolgt worden und zu einigen Resultaten geführt habe.

Die Zeugnisse achtbarer und glaubwürdiger Seefahrer, welche anerkennen, nächst Gott, dem Oel die Er-

haltung ihrer Schiffe schuldig zu seyn, sind zahlreich. Unter andern finden wir in dem Werke van Lelyveld's den interessanten Auszug eines Briefes von Hrn. Fengnagel an den Grafen Bentinck, datirt Batavia am 15. Jan. 1770, der auch von Franklin in den *Philosophical Transactions* von 1770 erwähnt wird. Das Schiff *Vrouw Petronella*, am Bord desselben Hr. Fengnagel sich befand, hatte unweit der Inseln Paulus und Amsterdam mit einem heftigen Sturm zu kämpfen, wobei es sein Steuerruder und seine Segel verlor. Hr. F. erklärt nun, dafs sie in dieser gefahrvollen Lage ihre Rettung ungefähr sechs halben Ahmen [1]) Oel verdankten, die sie langsam ausfliefsen liefsen, und damit sich gänzlich gegen die Brandung schützten. »Ich war Zeuge davon, schreibt er dem Grafen Bentinck, und ich würde dieses Umstandes nicht erwähnt haben, wenn ich nicht hier (in Batavia) die Leute dermafsen gegen die Sache eingenommen gefunden, dafs die Schiffsofficiere, mit mir, genöthigt waren, für die Wahrheit derselben eine förmliche Erklärung abzugeben.«

Nicht minder interessant ist die Nachricht, die Hrn. Van Lelyveld von Hrn. William May mitgetheilt wurde. Auf dem holländischen Kriegsschiff *der Phönix* i. J. 1755 als Marine-Lieutenant dienend, hatte derselbe Gelegenheit, die wellenstillende Wirkung des Oels in der unwiderleglichsten Weise zu beobachten. Er war damals in der Südsee, mit einer zahlreichen Kauffahrteiflotte, unter welcher sich zwei sehr alte, mit Oel beladene Schiffe befanden. Da sie sehr lange vor Anker gelegen, so hatte sich das aus den Fäfschen ausgesickerte Oel mit dem in die Schiffe eingedrungenen Wasser gemengt.

Unter der Breite von Lissabon wurden sie von einem wüthenden Sturm überfallen, der zwei Mal vier und zwanzig Stunden anhielt, und die besagten Schiffe zwang, zwei Mal täglich zu pumpen. »Und nun, sagt Hr. May, dieses ausgepumpte Oel breitete sich, trotz des Unge-

1) *Ein Ahm = 4 Anker.*

stüms der See, ringsum jene beiden Schiffe bis in grofsem Abstande aus und vernichtete den Wellenschlag sowohl der grofsen als der kleinen Wogen, so dafs diese, nebst den anderen Schiffen, die sich in der Nähe des Oels befanden, rücksichtlich des Meeres eine so vollkommene Stille genossen, wie nach einem Sturme zu herrschen pflegt, d. h. das Rollen der Wogen hielt zwar unausgesetzt an, aber die Oberfläche derselben war glatt und glänzend. Die kleinen Wellen, die sich sonst auf der Oberfläche der grofsen zeigen, waren meistentheils verschwunden, und nirgendwo auf dieser grofsen Fläche sah man den geringsten Wellenschlag (*batture*), noch die leiseste Kräuselung (*brisants*).«

Einem meiner Freunde verdanke ich in Betreff dieses Gegenstandes folgenden Auszug aus den Papieren eines ausgezeichneten Seemanns, des Hrn. J. W. Scaburn May, Contre-Admirals der niederländischen Marine.

»Gegen Ende des J. 1787 gingen wir mit der Mannschaft des Kutters *Salamander* von 18 Kanonen, an Bord der Brigg *die Post* von 20 Kanonen, Kapitän J. Fulleken, und erhielten die Bestimmung nach Ostindien, welche indefs, ehe wir unter Segel gingen, in eine Reise nach dem mittelländischen Meere umgeändert ward. Wir fuhren im December aus, und waren kaum auf offenem Meere, als wir von einem so schweren Sturmwetter überfallen wurden, dafs Schiff und Mannschaft in die gröfste Gefahr geriethen, selbst nachdem die Batterie über Bord geworfen war. Als wir blofs noch das Focksegel gebrauchten, schlug ich dem Kapitän vor, Oel in's Meer zu schütten, und diefs war mit solchem Erfolg gekrönt, dafs das Schiff gerettet ward. Wir liefen in den Hafen von Lissabon ein, um es daselbst ausbessern zu lassen.«

Der Steuermann Izak Kalisraaz von *Haardingen* machte Hrn. Van Lelyveld mehre interessante Mittheilungen über diesen Gegenstand. Er stellte während grofser Wogen (*gros brisants*) wiederholte Versuche an, und gofs jedesmal eine Pinte Thran in's Meer. »Ich schüt-

te, sagt er, den Thran in dem Augenblick aus, wo die Voge hinter unserem Schiff sich steil in die Luft erhob, nd dann, sich krümmend, wie ein Donnerschlag auf das leer herabstürzte. In diesem Augenblick goſs ich fast as ganze Maaſs Thran in's Wasser, während wir auferksam zusahen, was sich ereignen würde; drei bis vier lal wiederholte ich dieſs, im Moment, da die Woge ch zu krümmen anfing. Es war, wie wenn diese unnksame Woge mehr Respect vor dem Oel hatte, wie anches Kind vor seinem Vater; denn sie verlor ihre Vuth und ihre Macht, so daſs weder wir, noch die chiffe hinter uns, den geringsten Schaden erfuhren, etc.«

Dieser eifrige Mann suchte besonders durch entscheiende Versuche, Diejenigen zu widerlegen, welche beaupteten, daſs das ausgegossene Oel für die auſserhalb eines Wirkungskreises befindlichen Schiffe die Gefahr ehr vergröſsere. In Uebereinstimmung mit andern erahrenen Seeleuten schloſs er, daſs diese Meinung nicht inlänglich begründet sey. Indeſs ist sie, oder war sie venigstens unter den holländischen Fischern allgemein erbreitet, und es scheint, als habe man es gröſstentheils ır zuzuschreiben, daſs diese Entdeckung in Vergesseneit gerathen ist.

Einige machten sich sogar ein Gewissen daraus, sich llein aus der Lebensgefahr ihrer Kameraden zu retten; vährend andere, weniger gewissenhaft, sich wirklich dieses Mittels bedienten, aber ein tiefes Geheimniſs daraus ıachten, um sich vor der allgemeinen Verachtung zu chützen.

Man machte den Leuten sogar weiſs, daſs es bei örperlicher Strafe verboten sey, Oel in's Meer zu schütten. Indeſs sind alle Nachsuchungen in den älteren Sammıngen von Seegesetzen und Verfügungen nach solchen Verboten fruchtlos gewesen, so daſs man glauben muſs, liese Angabe sey rein aus der Luft gegriffen [1]).

1) Hr. Le Francq von Berkhey, Verfasser einer Naturgeschichte von *Holland, hat unter andern* den Satz vertheidigt, daſs das von ei-

Agge Roskam Kool de Beverwyk, Erfinder eines Instruments zur Rettung der Schiffbrüchigen, und aufserdem vortheilhaft bekannt als Verfasser eines maritimen Werks [1]), giebt darin den Seefahrern folgenden Rath: »Wenn der Patron eines gestrandeten Schiffes glaubt, dafs ihm eine Schaluppe entgegen geschickt werde, so mufs er Leinöl, Thran, Theer (*huile de la poix*) oder irgend eine andere fettige Substanz, wie fettiges Wasser, in Ermanglung eines Besseren, selbst Bier, über Bord giefsen, um die Brandung zu vernichten, und die Annäherung der Schaluppe zum Schiff zu erleichtern. Allein, wenn man Oel oder eine andere fettige Substanz ausschüttet, mufs es *oberhalb* der Welle (*au-dessus de la marée*)' geschehen, soll anders die herankommende Schaluppe Nutzen daraus ziehen.

Derselbe Kool schrieb an Hrn. Mees zu Rotterdam, dafs, als er, an der Küste befindlich, Oel auf Seite des Meers in die Wellen (*brisants*) gegossen hätte, diese vollständig geebnet wurden, so dafs eine Schaluppe, in dem Bereich derselben, vollkommen ruhig blieb und ohne Gefahr das Ufer erreichte, wogegen sie, aufserhalb der Oelschicht, eine solche Heftigkeit besafsen, dafs sie eine norwegische Schaluppe umstürzten. Er setzt noch hinzu, dafs wenn die holländischen Fischer mit ihren Pinken bei hochgehendem Meer in Gefahr schwebten an den Küsten zu scheitern, sie die Gewohnheit hätten, hinten und an den Seiten ihrer Schiffe Oel auszugiefsen, um sich gegen

nem Schiffe ausgegossene Oel die Gefahr für andere an den Gränzen der Oelschicht fahrende Schiffe nothwendig vergröfsern müsse, und glaubt es sogar physisch bewiesen zu haben, in einer 17 . . zu Leyden veröffentlichten Broschüre voller Bitterkeit gegen Hrn. Van Lelyveld. Seine Argumente scheinen mir indefs keineswegs überzeugend.

1) *Beschryving en underrigtingen behoorende tot de nieuwe platte paskaart der hollandschen Stranden tuschen de Maas en Texel, gedrukt te Amsterd., by* Joannes van Keulen en Zonen, 1773.

gen die Wogen zu schützen; und daſs diese Maſsregel immer erfolgreich sey. »Wenn man Oel ausgieſst, fährt er fort, so muſs es immer in kleinen Mengen geschehen. Der Radius darf nicht gröſser seyn als eine Tabakspfeife an ihrem dicksten Ende. Man muſs das Oel aus einem Kruge flieſsen lassen, dessen Oeffnung diese Gröſse hat.

In einem neueren maritimen Werke, betitelt: *Handleiding tot de Scheeps-besticring*, erschienen in den Niederlanden, 1823 oder 1824, dessen Verfasser, Franc, vortheilhaft als Seemann bekannt ist, findet man auch den Gebrauch des Oels vorgeschrieben, um, wenn man bei einem Sturm den Wind im Rücken hat, die Brandungen zu passiren.

Sehr bemerkenswerth ist auch noch der vom Admiral Kingsbergen mitgetheilte Auszug eines Briefes von Joh. Alexander Sehkopp, geschrieben 1779 am Bord des Schiffes *de Hoop* auf dem Flusse von Lissabon. Der Verfasser sagt, daſs er im Laufe eines Zeitraums von fünf Jahren die Nützlichkeit des in's ungestüme Meer geschütteten Oels mehr als zwanzig Mal erlebt habe.

Auch die Grönlandsfahrer haben zu allen Zeiten diese Eigenschaft des Oels sehr wohl gekannt; sie fürchten die groſsen Brandungen viel weniger als alle anderen Schiffer, weil sie immer eine hinlängliche Menge Thran am Bord haben.

Wie es scheint, hat man sie ehemals auch sehr wohl in England gekannt; wenigstens giebt es, dem Dr. Wall von Oxford zufolge, ein altes Seegesetz, welches befiehlt, daſs man, wenn man bei einem heftigen Sturme zur Erleichterung des Schiffs genöthigt ist einen Theil der Ladung in's Meer zu werfen, mit dem am Bord befindlichen Oel den Anfang mache. Späterhin scheint diese Vorschrift in Vergessenheit gerathen zu seyn.

In der Mittheilung des bisherigen Details wird man bemerkt haben, daſs die wellenstillende Eigenschaft des Oels in gewissem Grade auch anderen fetten Substanzen

angehört. Schon Franklin erfuhr von Fischern, daſs das Wasser hinter einem segelnden, frisch betheerten Schiffe immer sehr ruhig sey; und dieſs stimmt vollkommen mit der Beobachtung eines ausgezeichneten französischen Seemanns überein, die der Baron von Zach in seiner *Correspondance astronomique* von 1822 mitgetheilt. Dieser Seemann befand sich damals, zu Kingston in Jamaica, in der Unmöglichkeit sein Schiff zu erreichen, da wegen des heftigen Windes und der hochgehenden See, keine Barke es wagen wollte, sich demselben zu nähern. In einer kleinen Entfernung indeſs lag eine frisch betheerte Fregatte, und rings um sie her hatte der von der Sonnenhitze geschmolzene und tropfenweis in's Meer gefallene Theer dieses so still und glatt gemacht, daſs zwei kleine Schaluppen, zur Seite der Fregatte, fast unbeweglich erschienen.

Von diesen selben Seemann erzählt Hr. von Zach weiterhin, daſs er als Mitglied der *Société humaine* i. J. 1800 zur Rettung von Schiffbrüchigen den Vorschlag machte, das Meer mittelst Feuerspritzen mit Oel zu besprengen, »weil, sagte er, nur alsdann die Schaluppen sich ohne Gefahr des eigenen Untergangs dem gestrandeten Schiffe nähern können.« Als Beispiel führt er ein holländisches, mit Oel beladenes Schiff an, welches auf den *Godwin-sands* strandete. Die Mannschaft desselben wurde durch das Schiff *Deal* gerettet, welches jedoch erst dann an das andere herankommen konnte, als man einen Theil des Oels in's Meer geschüttet hatte. Sonst wäre wahrscheinlich die ganze Mannschaft verloren gewesen. — Eben so hatte Hr. C. E. M. Richter auf der Küste der Insel Porto-Santo zu sehen Gelegenheit, wie während eines fürchterlichen Sturms, bei welchem ein dänisches Schiff, befehligt von Fedderson, scheiterte, die Mannschaft in einer Schaluppe an's Land gebracht wurde, nachdem man Oel ausgeschüttet hatte [1].

1) Reisen zu Wasser und zu Lande, in den Jahren 1805 bis 1817. Dresden 1821. Bd. II.

Nach ihm war das Oel nicht im Stande das Meer vollkommen eben zu machen; allein es bewirkte, dafs die Wogen, welche sich als Brandungen auf's Ufer geworfen haben würden, sich in bedeutender Entfernung von demselben anhäuften, und grofse zusammenhängende walzenförmige Massen (*gros rouleaux continus*) bildeten. Statt dafs die Wellen die Barke gegen die Küste trieben und alsdann auf dieser zertrümmerten, führten sie dieselbe jedesmal in solcher Weise vorwärts zur Küste, dafs sie von dem nachfolgenden Wellenberg (*lame*) nicht mehr erreicht werden konnte. Diesen Augenblick benutzte die Mannschaft, um die Barke zu verlassen und schleunigst auf dem Strande weiter zu fliehen.

Nach Richter pflegten die Seeleute zu sagen: das Oel jage den Wellen *Furcht* ein.

Nicht minder interessant ist das Zeugnifs des Kapitäns Jacobus Swarth, im Dienste der ostindischen Compagnie, von der Kammer zu Amsterdam, mitgetheilt vom Prof. Allamand zu Leyden in einem Briefe an Dr. Klockner.

Derselbe sah i. J. 1740 ein holländisches Schiff an der Insel Gotland scheitern, nicht auf sandigem Strand, sondern auf Felsen, gegen welche eine mächtige Brandung sich erhob. Man sah das Schiff aufstofsen, ohne ihm Hülfe leisten zu können; zugleich gewahrte man mit Erstaunen, dafs die Mannschaft eine Schaluppe aussetzte und in gerader Linie auf die Felsen zuruderte, dafs sie an einer Seite der Felsen anlegte und ganz gemächlich ausstieg, während die Zuschauer am Ufer jeden Augenblick erwartete, dafs sie von der Brandung verschlungen werden würde. Diese sahen überdiefs, dafs das Meer an der Landungsstelle ganz glatt und eben war, und zugleich bemerkten sie vorn auf der Schaluppe einen Mann, der Oel aus einem Kruge in's Meer gofs, dafs dasselbe sich ausbreitete und die Ebnung des Wassers hervorbrachte.

Nach Franklin haben die Bewohner des Indischen

Archipels seit langer Zeit die Gewohnheit, die fettige Substanz alter zerstampfter Kokosnüsse in's Meer zu werfen, um ihre Schiffe gegen den Wellenschlag zu schützen; und Pringle erzählt, von den Häringsjägern an der schottischen Küste erfahren zu haben, dafs man im Meere die sogenannten Häringsbänke oder Häringshaufen an der Stille und Glätte der Wasserfläche erkennen könne; er schreibt diefs der öligen Substanz zu, welche diese Fische aussondern.

Wie Pennant bezeugt [1]) errathen auch die schottischen Fischer, welche auf Seekälber Jagd machen, aus der glatten Meeresfläche, wo diese Thiere sich aufhalten und ölige Fische verzehren; auf solche Weise entdecken sie dieselben.

Hr. J. Boelen, Kapitän in der holländischen Marine, ein ausgezeichneter Officier, sagte mir auch, er habe oft beobachtet, dafs bei aufgeregtem Meere einige Stellen eine ganz glatte Oberfläche zeigen, und man schreibe diefs dem Laiche gewisser Fische oder einer von diesen Thieren ausgesonderten öligen Flüssigkeit zu. Es sey auch dort, wo man mit dem Schlachten eines Wallfisches beschäftigt sey, das Meer immer sehr still.

Dieser erfahrene Seemann war überdiefs sehr wohl mit der meerstillenden Eigenschaft des Oels bekannt, und erwähnte das Beispiel eines Schiffbruchs von einem amerikanischen Schiff, dessen ganze Mannschaft mittelst ausgegossenen Oels gerettet ward.

Als die heftigen Stürme in der Nacht vom 1. auf den 2. September 1833 so grofse Beschädigungen an den Seedeichen in Holland angerichtet, und besonders den berühmten Deich von Westkapel, in Zeeland, dessen Instandhaltung ungeheure Summen kostete, auf die unbarmherzigste Weise verwüstet hatten, kam Hr. P. van Griethuizen, zu Utrecht, auf die Idee, in einigem Abstande

1) *Brit. Zoolog. London* 1776. *Vol. IV.*

von den Deichen Oel in's Meer zu giefsen, um dergleichen Zerstörungen vorzubeugen.

In dieser löblichen Absicht schrieb er eine interessante Brochüre unter dem Titel: *Jets of niets of invallende gedachten over mogelyke behoedmidelen tot beveiliging onzer zeedyken en zee-werengen tegen zware zeestovtengen en golfslagen* (Flüchtige Gedanken über die ausführbaren Mittel, um unsere Deiche und Festungswerke an der See gegen schwere Brandung und Wellenschlag zu schützen). In dieser Schrift hat er alles vereinigt, was er über diesen Gegenstand auffinden konnte, um es seinen Landsleuten in's Gedächtnifs zurückzurufen.

Was die Wirksamkeit des von ihm vorgeschlagenen Mittels betrifft, so scheint mir kein vernünftiger Zweifel daran vorhanden seyn zu können, und eben so wird der patriotischen Absicht des Verfassers auch Niemand die höchste Wichtigkeit absprechen. Es handelt sich gegenwärtig nur darum, von dem Mittel die wirksamste Anwendung zu machen, und hier bieten sich allerdings Schwierigkeiten dar, die zu überwinden bisher nicht möglich war; — aber wie viele, anscheinend weit gröfsere Hindernisse hat nicht schon das Genie des Menschen zu überwinden gewufst!

Als der Verfasser, bei Veröffentlichung seiner Schrift, dieselbe an den jetzt verstorbenen Professor Moll, in Utrecht, sandte, und denselben um seine Meinung bat, antwortete ihm dieser: Dafs die Wogen durch Oel besänftigt werden können, ist eine unläugbare Thatsache, und schon seit sehr langer Zeit bekannt; allein Sie sind der Erste, welcher die Idee hatte, davon eine Anwendung zu machen auf die Beschützung unserer Seedeiche gegen die Wuth der Stürme. Ihnen gebührt also die Ehre dieses Gedankens, und Sie dürfen ihn daher nicht aufgeben, bis er dereinst verwirklicht worden ist.

Trotz aller Anstrengung, sich nützlich zu machen, hat der thätige Mann bisher nur wenig Unterstützung ge-

funden; indefs ist er dadurch nicht entmuthigt, sondern noch täglich mit der Vervollkommnung seiner Ideen beschäftigt.

Die Zeugnisse ausgezeichneter Physiker, im Verein mit der Erfahrung einer so grofsen Zahl von Seefahrern sind, glaube ich, hinreichend, als Thatsache festzustellen, dafs das Oel unter gewissen Umständen im Stande ist, die vom Winde erhobenen Meereswogen zu besänftigen.

Ich habe nun noch von einer zweiten Eigenschaft des Oels zu sprechen, die auf dem ersten Blick nicht minder paradox als die erstere erscheint, und meistens zugleich mit ihr beobachtet wird. Wenn man Oel auf vom Winde bewegtes Wasser schüttet, so macht es dasselbe nicht blofs still und glatt, sondern auch, an einigen Stellen, vollkommen durchsichtig. Es nimmt der Oberfläche jeden Reflex (*mirage ou reflet*) der Lichtstrahlen, so dafs unter dem Wasser befindliche Gegenstände sehr deutlich gesehen werden können, sowohl von einem Beobachter oberhalb des Wassers, als von einem Taucher in demselben.

Schon Aristoteles, Plutarch und Plinius kannten diese Erscheinung, und eben so ist sie den Fischern verschiedener Nationen bekannt und von ihnen bei ihrem Gewerbe mit Nutzen angewandt. Unter andern giefsen die Fischer bei Gibraltar eine geringe Menge Oel auf das Wasser, um die auf dem Meeresboden befindlichen grofsen Austern zu erwischen. Desselben Mittels bedient man sich auch weiterhin an den spanischen Küsten des Mittelmeers, so wie auf den Bermudischen Inseln. Von den Fischern zu Ragusa werden die durch das Oel transparent gemachten Stellen des Meers, durch welche sie den Grund sehen können, sehr naiv *Fenster* genannt. Nach van Lelyveld benutzen die Fischer im Texel ebenfalls diefs Mittel, und Franklin erzählt, dafs die

Taucher an den Küsten des Mittelländischen Meers die Gewohnheit haben, eine gewisse Menge Oel in den Mund zu nehmen, und dasselbe von Zeit zu Zeit fortzuspritzen, um sich mehr Licht unter dem Wasser zu verschaffen und die Gegenstände besser zu unterscheiden.

Diese Eigenschaft des Oels, obgleich auf anderen physikalischen Grundsätzen beruhend als die wellenstillende Tugend desselben, ist nichts destoweniger so innig mit dieser verknüpft, dafs es mir unmöglich ist, die Erklärung derselben hier zu übergehen.

Die Eigenschaft des Oels, das Wasser durchsichtig zu machen, stützt sich ganz einfach darauf, dafs es sich sogleich in dünner Schicht über eine grofse Wasserfläche ausbreitet.

Wenn man auf Wasser einen einzigen Tropfen Oel fallen läfst, so sieht man es sogleich nach allen Seiten sich ausdehnen und ein dünnes Häutchen auf dem Wasser bilden. Die Oeltheilchen scheinen sich gegenseitig mit einer solchen Kraft und solcher Geschwindigkeit abzustofsen, dafs leichte, auf dem Wasser schwimmende Körper unwiderstehlich mit in die Bewegung gerissen werden.

Der gelehrte Abt Mann hat indefs schon beobachtet, dafs hier die Oeltheilchen sich wirklich nicht abstofsen, wie es Franklin voraussetzte, sondern dafs die rasche Ausbreitung des Oels sich sehr wohl aus einfachen hydrostatischen Principien erklären lasse. Der auf das Wasser fallende Oeltropfen hebt sich, wegen seines geringeren specifischen Gewichts, sogleich über die Wasserfläche, und bildet daselbst eine Erhöhung in Form eines Meniskus, von welcher er, den Gesetzea des Gleichgewichts der Flüssigkeiten zufolge, nach allen Seiten abfliefst und sich solchergestalt auf dem Wasser ausbreitet, zu einer dünnen Schicht, die immer dünner wird, bis dieses Gleichgewicht hergestellt ist. Läfst man hierauf einen zweiten Oeltropfen auf das Wasser fallen, wel-

ches schon mit einer auch noch so dünnen Oelschicht überzogen ist, so wird sich dieser Tropfen nicht mehr ausbreiten, sondern auf der ersten Schicht in Form eines Meniskus liegen bleiben, und sie, wenn auch nur wenig, niederdrücken, während das einfallende Licht sich in dessen Brennpunkt vereinigt.

Diese Ausbreitung des Oels geschieht noch rascher, wenn das Wasser Kali oder Kalk enthält, und die zähen, schmierigen thierischen Oele sind, wie es scheint, zu dieser Wirkung weniger geeignet als die pflänzlichen, dünnflüssigeren Oele.

Einige Oelarten, wie unter andern gereinigtes Leinöl, Baum- oder Rüböl und besonders Terpenthinöl, zeigen bei dieser Erscheinung sehr lebhafte prismatische Farben. In dem Maafse als die Oelschicht bei der Ausbreitung an Dicke abnimmt, sieht man allmälig durch Reflexion verschiedene Ordnungen von Farben entstehen, bis sie zuletzt, aufserordentlich dünn geworden, an einigen Stellen alle einfallenden Lichtstrahlen durchläfst und somit vollständig für das Gesicht verschwindet. Alsdann tritt jene vollständige Durchsichtigkeit ein, die uns hier beschäftigt.

Dem grofsen Newton verdanken wir die Entwicklung der Gesetze, nach welchen alle durchsichtigen Körper, in dünne Plättchen verwandelt, das einfallende weifse Licht in verschiedene Farben zerlegen. Diese Farben sind abhängig von der Dicke der Platten, von dem Brechungsvermögen der Substanz, aus welcher sie gebildet sind, und von dem Winkel, unter welchem das Licht einfällt.

Newton berechnete (für *Luft*, *Wasser* und *Glas*) diejenige Dicke dieser Platten, bei welcher die verschiedenen Hauptfarben unter senkrechtem Einfall der Strahlen des natürlichen Lichts, sowohl vermöge Reflexion als Transmission, zum Vorschein kommen [1]). Nach ihrem

1) Newton, *Optice ex vertione* Clarkii. *Laus. et Geneve*, 1740 *p.* 175.

Glanz und ihrer Reinheit theilte er diese Farben in verschiedene Ordnungen, die noch seinen Namen führen. Er studirte sie nicht nur in der dünnen Luftschicht, welche von zwei Gläsern, einem convexen und einem planen, eingeschlossen ist, und diese Farben in Gestalt concentrischer Ringe zeigt, sondern auch hauptsächlich in den Seifenblasen, welche er auf eine zu diesen Versuchen geeignete Weise hervorzubringen lehrte.

Ein englischer Physiker, der Dr. Reade, hat neuerlich einen einfachen Apparat angegeben, durch welchen diese Versuche eine wichtige Verbesserung erfahren haben [1]).

Eine luftleere Flasche enthält nämlich eine Lösung von weifser oder grüner Seife in destillirtem Wasser; schüttelt man sie, so entstehen Blasen, die nicht rund, sondern vollkommen eben sind, und welche Stunden, ja zuweilen ganze Tage lang sich halten, ohne zu platzen.

Sobald diese ebenen Wasserblättchen, welche zuweilen in horizontaler Lage die ganze Breite der Flasche einnehmen, durch das an den Wänden herabfliefsende Wasser hinreichend dünn geworden sind, sieht man die schönsten Farben sich in Streifen oder Strichen, nach Ordnung der Newton'schen Farbenringe entwikkeln; und wenn das Wasserblättchen keine Farben mehr zeigt, kann man durch vorsichtiges Neigen der Flasche und indem man auf diese Weise das Blättchen von Zeit zu Zeit mit Seifenwasser tränkt, nach Belieben alle Farben wieder hervorrufen, und die Versuche mit einem und demselben Wasserblättchen so oft man will wiederholen [2]).

1) *Lond. and Edinb. Philosoph. Magazine and Journal of Science, Vol. XI p.* 375. „*On a permanent soap-bubble.*"

2) Mehre mit diesem Apparat gemachte Versuche lassen mich glauben, dafs diese Farben nicht sowohl von den Wasserblättchen gebildet werden, als vielmehr von einer, auf deren Oberfläche ausgebreiteten, sehr dünnen fettigen Membran.

Während die auf gewöhnliche Weise gebildeten Seifenblasen bald platzen, so wie die in ihnen enthaltene Luft durch Wärme ausgedehnt wird, kann man diese Flasche nach Belieben erwärmen, ohne dafs die Blasen, die sie in ihrem luftleeren Innern enthält, zerstört werden. Der Erfinder nennt diese Blasen *permanente;* allein sie verschwinden doch nach einer mehr oder weniger langen Zeit, und verdienen daher diesen Namen nicht ganz.

Nachdem diese durchsichtigen Wasserblättchen bei allmäligem Dünnerwerden all die herrlichen Farben der Newton'schen Ringe reflectirt haben, und sie zuletzt aufserordentlich dünn geworden sind, bemerkt man, dafs sie weder Farben, noch überhaupt Licht reflectiren, sondern die Strahlen gänzlich durchlassen.

Auf den gewöhnlichen Seifenblasen zeigen sich, wenn sie zu platzen im Begriff stehen, Punkte als schwarze Flecke, die nur kurze Zeit dauern; in dem luftleeren Raum der Flasche kann man sie dagegen auf die leichteste Weise so lange beobachten als man will [1]).

Hier ist es nun, wo wir die Erklärung des besprochenen Phänomens finden.

Sobald das auf der Wasserfläche ausgebreitete Oelhäutchen zum Theil so dünn geworden ist, dafs es nicht das mindeste Licht mehr reflectirt, sondern alles gänzlich durchläfst, ist der Zeitpunkt gekommen, wo das Wasser jenen Grad von Durchsichtigkeit erlangt, dessen sich, wie wir gesehen haben, die Fischer bedienen, um ihre Beute zu fangen.

Die Hauptursache, weshalb wir Gegenstände unter

1) Späterhin hat man in Amerika gefunden, dafs man aus einem Gemische von geschmolzenem Harz und Leinöl Blasen bilden kann, die sich halten, und also mit vollem Recht *permanent* genannt werden können. Der Versuch hat mir indefs bewiesen, dafs die Sache nicht so leicht ist; wenigstens ist es mir trotz vielfacher Bemühungen nicht gelungen solche Blasen permanent zu erhalten.

Wasser nicht deutlich erkennen können, besteht in der Spieglung (*mirage*) an der Oberfläche: ein grofser Theil der einfallenden Lichtstrahlen wird durch sie reflectirt, und kann also nicht zur Beleuchtung und Sichtbarmachung der unter dem Wasser befindlichen Gegenstände dienen. So wie nun das Oelhäutchen auf der Oberfläche des Wassers so dünn geworden ist, dafs es das Licht nicht mehr reflectirt, sondern gänzlich durchläfst, ist diefs Hindernifs nicht mehr vorhanden. Fast alle einfallenden Lichtstrahlen dienen alsdann zur Beleuchtung der Gegenstände unter Wasser und machen sie sichtbar.

Diese Erklärung von der das Wasser durchsichtig machenden Eigenschaft des Oels läfst, wie es mir scheint, nichts zu wünschen übrig. Die sehr geringe Dicke des Oelhäutchens erklärt auch den sonderbaren Umstand, dafs es zur Besänftigung der Wellen nur sehr kleiner Mengen Oel bedarf, und hängt somit innig zusammen mit der Erscheinung, die den Hauptgegenstand dieser Abhandlung ausmacht; allein dennoch wird es nicht leicht seyn, von dieser Erscheinung eine genügende Erklärung zu geben.

Einige Physiker haben geglaubt, diese Erscheinung stehe in Beziehung zu demjenigen, welches Allen, die Wasser oder andere Flüssigkeiten in offenen Gefäfsen tragen, sehr wohl bekannt ist, dafs nämlich durch das Schwimmen eines leichten Körpers, z. B. eines Brettchens, welches man auf die Flüssigkeit gelegt hat, das Ueberschwabbern verhindert wird, welches sonst bei plötzlichen Bewegungen des Gefäfses eintreten würde.

Unter andern war Achard so eingenommen für diese Idee, dafs er statt des Ausgiefsens von Oel vorschlug, leere Tonnen oder anderes leichtes Holzwerk neben den Schiffen schwimmen zu lassen, um sie gegen Wellenschlag und Brandung zu sichern [1]).

1) Sammlung physikalischer und chemischer Abhandl. Bd. I. Berl. 1784.

Es werden einige Worte genügen, um die Untauglichkeit dieses Vorschlags zu erweisen. Ein Brettchen, das in einem Eimer auf einer Flüssigkeit schwimmt und einen Theil von deren Oberfläche bedeckt, verhindert die Bildung kleiner rückprallender Wellen, wie mir scheint, ganz einfach vermöge seiner Unbeugsamkeit. Solche Wellen können sich weder durch Stöfse in kurzen Zwischenzeiten, noch durch eine Oscillationsbewegung des Eimers bilden, weil das Brettchen mit seiner ganzen Unterfläche in Adhärenz mit der Flüssigkeit steht und an derselben fest haften bleibt, mithin sich weder biegen, noch eine Wellenform annehmen kann. Auf welche Weise auch der Eimer erschüttert werde, so beschränkt sich doch die ganze Bewegung der Flüssigkeit an ihrer Oberfläche nothwendig auf die Bildung einer einzigen grofsen Welle, durch welche das Brettchen freilich in eine Schwingungsbewegung versetzt werden, dasselbe aber nie ein Rückprallen verursachen kann.

Da nun das dünne Oelhäutchen, welches, wie wir gesehen, zur Stillung der Wellen hinreicht, sehr biegsam ist, mit Leichtigkeit alle Formen der Wellen annimmt, so scheint mir einleuchtend, dafs dessen Wirkung gar nicht verglichen werden kann mit der eines unbeugsamen Brettchens, welches auf dem Wasser schwimmt. Sehr wahrscheinlich ist mir, dafs die Körper, welche nach Achard's Vorschlag ringsum das Schiff schwimmen sollen, dasselbe bei einem heftigen Sturm viel eher beschädigen, als beschützen würden.

Eine andere Erklärung, die einige Physiker von dem in Rede stehenden Phänomen gegeben haben, scheint auf dem ersten Blick mehr Wahrscheinlichkeit zu haben. Sie meinten in der Undulation einer mit einer dicken Oelschicht bedeckten Wasserfläche das nämliche Phänomen wieder zu finden, und glaubten überdiefs dasselbe nach den bekannten *hydrostatischen* Gesetzen erklären zu können [1]).

[1]) Gilb. Annal. d. Physik (1809), Bd. XXXI S. 78. „Erklärung

Nimmt man ein Glas, gefüllt mit Wasser, auf welem eine dicke Oelschicht schwimmt, neigt es eine Zeit ng hin und her, und hält es darauf plötzlich an, so eht man in der That, dafs das Wasser noch einige langme Oscillationen in Form von Wellen macht, wähnd die obere Fläche des Oels schon in Ruhe ist und ieder eine horizontale Lage angenommen hat. Das Vasser kehrt, wie man sagt, mit geringerer Geschwinigkeit in die horizontale Lage zurück, und vollführt ine Oscillationen langsamer als wenn es sich ohne Oeledeckung in einem Glase befindet, weil es nur mit dem Jeberschufs seines Gewichts über das des Oels sein Nieau wieder herzustellen sucht, während es im letzteren 'alle hiezu mit seinem vollen Gewichte wirkt.

Möglich, dafs diefs wahr sey, aber die Anwendung avon auf unseren Gegenstand scheint mir jedenfalls sehr nrichtig zu seyn, da dabei vorausgesetzt wird, das Waser sey mit einer Oelschicht von solcher Dicke bedeckt, afs sie die *Vertiefungen* zwischen den aufeinanderfolenden *Wellenbergen* vollständig ausfüllen, und somit ne horizontale Oberfläche annehmen könne, während s Wasser darunter noch zu unduliren fortfährt. Diefs schieht aber sicher nicht bei der dünnen Oelschicht, n welche es hier sich handelt.

Ueberdiefs haben mehre wichtige Versuche uns gehrt [1]), dafs die Erscheinungen, welche eintreten, wenn an Flüssigkeiten von verschiedener Dichtigkeit übereinnderschichtet, und das Gefäfs, welches sie enthält, in ewegung setzt, lange nicht so einfach sind als man anngs glaubte; so dafs die bekannten *hydrostatischen* Getze nicht hinreichen zu ihrer Erklärung, weil, aufser n specifischen Gewichten dieser Flüssigkeiten, die ge-

einer von Franklin beobachteten hydrostatischen Erscheinung, und ob Oel die Wellen zu stillen vermöge; von Robinet. *Journ. de phys.* 1807, *Oct. p.* 277.

1) Ann. der Phys. und Chem. von Poggendorff, 1834 Bd. XXXI S. 37.

genseitige Adhärenz und die chemische Zusammensetzung derselben eine wichtige Rolle hiebei zu spielen scheint.

Ich kann bei dieser Gelegenheit nicht unterlassen, ein Beispiel anzuführen von den vielen interessanten Erscheinungen, zu welchen diese Versuche Anlaſs gaben.

Es ist genügend bekannt, daſs, wenn man ein cylindrisches Gefäſs, welches eine Flüssigkeit enthält, mit einer gewissen Geschwindigkeit um seine Axe drehen läſst, die Oberfläche dieser Flüssigkeit eine *concave* Gestalt annimmt.

Vermöge der Centrifugalkraft erhebt sich die Flüssigkeit auf allen Seiten gegen die Wände des Gefäſses, und scheint somit ein Becken zu bilden. In mehr oder weniger beträchtlichem Grade zeigt sich diese Erscheinung bei allen Flüssigkeiten ohne Ausnahme. Enthält das Glas aber Flüssigkeiten von verschiedener Dichte, z. B. *Wasser* und *Oel*, so entstehen bei der Rotationsbewegung des Glases um seine Axe eigenthümliche Erscheinungen, die bei weitem noch nicht erklärt sind.

Während die obere Fläche der beiden übereinander geschichteten Flüssigkeiten nach den bekannten Gesetzen bald eine *concave* Gestalt annimmt, sieht man dagegen die Oberfläche der unteren, dichteren Flüssigkeit, die Trennungsfläche beider Flüssigkeiten, eine *convexe* Form annehmen, welche, bei einer sehr beschleunigten Rotation des Glases, bisweilen sogar die obere *concave* Oberfläche schneiden kann, so daſs alsdann die leichtere Flüssigkeit wie ein Ring um die dichtere erscheint.

Obgleich diese schönen Versuche, die sehr verdienten im Detail bekannt zu seyn, uns offenbar lehren, daſs bei der Bewegung von Flüssigkeiten verschiedener Dichte, die einander bedecken, ungewöhnliche Phänomene stattfinden, so scheint mir doch, daſs sie keine directe Beziehung zu dem vorliegenden Gegenstand haben. Man muſs also, meiner Meinung nach, die Erklärung der sonderbaren Erscheinung, daſs eine dünne Oelschicht da-

vom Winde aufgeregte Wasser beruhigen kann, auf einem ganz anderen Wege suchen.

Sonderbar genug scheint Aristoteles schon die Aufgabe weit besser ergründet zu haben als mancher der neueren Physiker, selbst unserer Tage, wenn er, nach der Angabe Plutarch's, die Meinung ausspricht, es könne die Ursache des Phänomens wohl darin liegen, daſs der Wind, auf der Oberfläche des Wassers fortgleitend, nicht eingreifen könne, um Wellen zu erzeugen.

Und in der That, der Schlüssel zum Geheimniſs scheint in diesem einfachen Umstand gesucht werden zu müssen; der geistreiche Franklin, der sich lange ausschlieſslich mit diesen Erscheinungen beschäftigte und sie unter verschiedenartigen Umständen studirte, so wie die deutschen Physiker E. H. und W. Weber theilen diese Meinung [1]). Zwischen Luft und Wasser giebt es natürlich eine Adhäsion, eine gewisse Affinität. Das Wasser saugt begierig die Luft ein, mit welcher es in Berührung kommt, so daſs man sie nur mit Schwierigkeit wieder austreiben kann. Wenn daher, bei einem mehr oder weniger starkem Winde, ein Luftstrom über die Oberfläche des Wassers hinweggeht, so hängt sich die Luft gleichsam an die Wassertheilchen und furcht die vorhin ebene Fläche zu kleinen Wellen aus, die, bei einem anhaltenden Winde, fortwährend wachsen und bald groſse Wogen bilden [2]).

Oele, wie überhaupt alle fettigen Substanzen, lassen sich nur schwierig mit dem Wasser mengen, überziehen

1) Weber's Wellenlehre. Leipzig 1825. S. 67 und 68.

2) Der holländische Marine-Kapitän Hr. J. Boelen theilte mir noch über diesen Gegenstand eine interessante Thatsache mit, die er oft zu beobachten Gelegenheit hatte, nämlich daſs das Meer bei schönem und heiterem Wetter zu einer gröſseren Höhe steige als bei bedecktem und nebligem Wetter; daraus müſste man schlieſsen, daſs trockne Luft mehr Adhärenz zum Wasser besitze als eine mit Feuchtigkeit beladene.

dessen Oberfläche aber schnell in einer dünnen, leichten und sehr beweglichen Schicht. Auf diese Weise kann der schiefe Stofs des Windes die Wasserfläche nicht mehr furchen, auch nicht mehr die Bildung kleiner Wellen veranlassen, welche nach und nach sich vergröfsern; sondern er wird gröfstentheils dazu verwandt, die Oelschicht auf der Wasserfläche fortzuschieben und dünner zu machen.

Durch dieses Oelhäutchen scheint das Wasser dem Einflufs des Windes gänzlich entzogen zu seyn, und selbst wenn es so dünn geworden, dafs es aufhört Licht zu reflectiren, scheint es noch hinreichend, das Wasser gegen die Einwirkung des Windes zu schützen, so lange seine Verknüpfung mit demselben aufrecht gehalten bleibt [1]). Um diesen Zweck zu erreichen, mufs man das Oel nicht *unterhalb*, sondern *oberhalb* des Windes ausschütten, weil dann der Wind immer eine neue Portion Oel zum Ausbreiten auf der Wasserfläche vorfindet, mithin das Oelhäutchen nicht zerrissen wird, sondern bleibend ein unverletztes Continuum bildet.

Nach dieser Voraussetzung begreift man leicht, wie aus-

1) Nimmt man das Brechungsverhältnifs des Rüböls =1,475, so giebt eine einfache Rechnung, nach der Newton'schen Tafel, für die Dicke des Oelhäutchens, welches kein Licht mehr reflectirt, und auf welchem sich die schwärzesten Flecke bilden, =0,00361 Millimeter.

Sicher bedarf es nur einer sehr geringen Kraft, um den Zusammenhang eines so äufserst dünnen Oelhäutchens zu zerreifsen; allein selbst angenommen, dafs es die doppelte Dicke habe, d. h. eine $=0^{mm},00722$, würde sein Zusammenhang in einigen Fällen ohne Zweifel hinreichend seyn, um die ganze Wasserfläche vor dem Einflufs des Windes zu schützen. Auf diese Weise könnte man noch 5807 Hectares oder 58070 Quadratmeter mit einem *einzigen* Liter Oel überziehen.

Aus dieser Rechnung ersieht man, dafs es nur sehr wenig Oels bedarf, um auf einer bedeutend grofsen Wasserfläche die schäumenden Wogen zu besänftigen, was einer der sonderbarsten Umstände dieses Phänomens und ganz paradox zu seyn scheint.

ausgegossenes Oel, selbst bei ziemlich starkem Winde, die Bildung der ersten kleinen Wellen, welche man als die Keime der gröfseren betrachten kann, zu verhindern im Stande ist. Allein, wie wir gesehen, beschränken glaubwürdige Nachrichten sich nicht blofs darauf, diese Wirksamkeit des Oels festzustellen; sie gehen viel weiter, indem sie uns versichern, dafs selbst, wenn die Wogen so durch den Wind angewachsen sind, dafs sie als wahrhafte Brandungen das Schiff zu verschlingen drohen, ihre Wuth dennoch bald durch das Oel gebändigt wird, und sie wie durch ein schweres Gewicht niedergedrückt erscheinen.

Man mufs bekennen, dafs, besonders in Betreff des ersten dieser beiden Punkte, noch viele Dunkelheit herrscht, und überhaupt, beim gegenwärtigen Zustand unserer Kenntnisse, die Aufgabe schwierig ist. Allgemeine Betrachtungen, hergeleitet aus Untersuchungen und Beobachtungen über die Wellen und deren Bildung, werden vielleicht einiges Licht über diesen Gegenstand verbreiten, werden ihn aber nicht vollständig aufhellen.

Wenn man die grofsen Wellen bei starkem Winde beobachtet, so entdeckt man, wie schon Franklin bemerkte, dafs deren Oberfläche mit einer Unzahl von Furchen oder kleinen Wellen bedeckt ist. Diesen kleinen Wellen, welche, wie wir so eben gesehen, ihren Ursprung der Adhäsion zwischen Luft und Wasser verdanken, mufs man es nun hauptsächlich zuschreiben, dafs die grofsen sich bei anhaltendem Winde fortwährend vergröfsern, bis sie zuletzt, wie Brandungen hoch, alles um sich her mit Tod und Vernichtung bedrohen.

Sobald die Wellen mit einem Oelhäutchen überzogen sind, hört die unter gewöhnlichen Umständen zwischen Wasser und Luft stattfindende Adhäsion auf. Es bilden sich auf den Wellen keine Furchen mehr, ihre Oberfläche wird vollkommen glatt, und während auf diese Weise die Hauptursache zur Vergröfserung der Wellen

wegfällt, begreift man, dafs sie, nach einer mehr oder weniger langen Zeit, endlich an Gröfse abnehmen müssen.

Es bleibt indefs noch zu erklären, wie ausgegossenes Oel so momentan auf eine bereits sehr hohe und drohend gegen das Schiff sich krümmende Welle wirken könne, wie wir es in den Erzählungen einiger Seefahrer und besonders in dem naiven Bericht des Steuermanns Izaak Kalisraaz von Haardingen angegeben finden.

Die Thatsache, dafs die Wogen, nach der Ausschüttung des Oels wie mit einem Gewichte beschwert erscheinen, läfst sich einigermafsen aus der Zerlegung der schief auf die Wellen wirkenden Kraft des Windes erklären.

Es sey nämlich (Taf. I Fig. 14) AB die Kraft des Windes, welche unter einer schiefen Richtung auf die Wasserfläche CD wirkt. Diese Kraft kann in zwei andere, unter sich rechtwinkliche zerlegt werden, eine FB, die senkrecht, und eine $BG=BE$, die horizontal wirkt.

Wenn die Wasserfläche mit einer dünnen, ungemein beweglichen dünnen Oelhaut bedeckt ist, so kann die horizontale, nach BC wirkende Componente des Windes sich nicht den Wassertheilchen fühlbar machen; sie bewirkt nur eine fortwährende Verdünnung der Oelschicht, zur selben Zeit, da sie dieselbe von B nach C fortschiebt; während die senkrechte Componente der Kraft des Windes FB sogleich zur Senkung der Wellen beitragen oder wenigstens ihr ferneres Wachsen verhindern mufs.

Man kann mir vielleicht einwerfen, dafs diese senkrechte Componente gleichmäfsig auf die *Scheitel* A, B, C und auf die *Vertiefungen* D, E, F der Wellen wirke (Taf. I Fig. 15), sie also beide gleichmäfsig niederdrükken müsse, so dafs im Ganzen die Höhe der Wellen nicht geändert werden könne, da diese Höhe sich bestimmt aus der Niveaudifferenz zwischen den *Scheiteln* und den *Vertiefungen* aufeinanderfolgender Wellen.

Es scheint mir indefs, dafs wegen der schiefen Rich-

betrug wenig mehr als 99 Pfund Avoirdupoids, während die beiden Kugeln, welche Cavendish anwandte, wohl 700 Pfund wogen. Reich's Versuche waren (wie die von Cavendish) ebenfalls gering an Zahl; er machte nur 57, aus denen er 14 Resultate herleitete. Das Mittel derselben giebt die Dichtigkeit der Erde =5,44, fast identisch mit dem Resultat von Cavendish.

Da ein großer Theil des Apparats, welcher bestellt worden, um diese Zeit vollendet, und der übrige bedeutend vorgeschritten war, so beschloß Hr. Baily, ungeachtet dieser scheinbaren Bestätigung der Cavendish'schen Versuche, an die Untersuchung zu gehen. Mehre Personen schlugen verschiedene Orte vor als am zweckmäßigsten und bequemsten zur Anstellung dieser Versuche; allein nach Besichtigung mehrer derselben und nach Erwägung aller Umstände dabei entschloß sich Hr. Baily zuletzt, sie in seinem eigenen Hause zu unternehmen, da er dieses nicht nur für am bequemsten hielt, sondern auch für so zweckgemäß als irgend eins, welches eigends für den Zweck erbaut worden wäre. Dieß Haus steht abgesondert von jedem andern Gebäude in einem großen Garten, in einiger Entfernung von der Straße und hat nur ein Stockwerk.

Der Verf. beschreibt alsdann das Zimmer, in welchem die Versuche angestellt wurden, und eben so den Apparat, den er zu diesem speciellen Zweck construirt hatte. Obgleich dieser Apparat im Allgemeinen dem von Cavendish ähnlich war, so wich er doch in einigen Punkten wesentlich von demselben ab. Die großen Kugeln (oder *Massen*, wie sie genannt worden sind) hängen bei Cavendish und Reich von der Decke herab; allein Hr. Baily ließ sie von einem auf dem Boden stehenden und um eine Axe drehbaren Gestell tragen, und die kleinen Kugeln von der Decke herabhängen. Diese umgekehrte Art, die Massen zu bewegen, hält er für eine große Verbesserung, denn, sagt er, nichts kann die Ruhe,

Bemerkenswerth ist, dafs das Oel da am kräftigsten wirkt, wo die Gefahr am gröfsten ist.

Der Seefahrer fürchtet besonders die Brandungen und das Wellenschlagen als zerstörend für sein Schiff, aber keineswegs die Oscillation der gehobenen Wellen, welche ihn zwar hin und her schaukeln, aber nicht in Gefahr setzen. Die Brandung und der Wellenschlag sind es auch, durch welche die äufseren Deiche und Festungswerke am Meer bei starken Stürmen am meisten zu leiden haben.

Obgleich wir sicher noch nicht im Stande sind, alle bei Ausschüttung von Oel auf Wasser vorkommenden Erscheinungen strenge zu erklären, so sehen wir doch, wenn ich nicht irre, durch vorstehende Betrachtungen einen Theil des Paradoxons verschwinden, was diese Aufgabe im ersten Augenblick darbietet.

Um eine Erklärung zu finden, die nichts zu wünschen übrig läfst, müssen diese Erscheinungen noch erst mit der gröfsten Genauigkeit und in allen ihren Einzelheiten untersucht werden.

Der Gegenstand ist der Aufmerksamkeit der Physiker würdig, und scheint mir, in mancher Beziehung, für alle seefahrenden Nationen von der höchsten Wichtigkeit zu seyn.

betrug wenig mehr als 99 Pfund Avoirdupoids, während die beiden Kugeln, welche Cavendish anwandte, wohl 700 Pfund wogen. Reich's Versuche waren (wie die von Cavendish) ebenfalls gering an Zahl; er machte nur 57, aus denen er 14 Resultate herleitete. Das Mittel derselben giebt die Dichtigkeit der Erde $=5,44$, fast identisch mit dem Resultat von Cavendish.

Da ein grofser Theil des Apparats, welcher bestellt worden, um diese Zeit vollendet, und der übrige bedeutend vorgeschritten war, so beschlofs Hr. Baily, ungeachtet dieser scheinbaren Bestätigung der Cavendish'schen Versuche, an die Untersuchung zu gehen. Mehre Personen schlugen verschiedene Orte vor als am zweckmäfsigsten und bequemsten zur Anstellung dieser Versuche; allein nach Besichtigung mehrer derselben und nach Erwägung aller Umstände dabei entschlofs sich Hr. Baily zuletzt, sie in seinem eigenen Hause zu unternehmen, da er dieses nicht nur für am bequemsten hielt, sondern auch für so zweckgemäfs als irgend eins, welches eigends für den Zweck erbaut worden wäre. Diefs Haus steht abgesondert von jedem andern Gebäude in einem grofsen Garten, in einiger Entfernung von der Strafse und hat nur ein Stockwerk.

Der Verf. beschreibt alsdann das Zimmer, in welchem die Versuche angestellt wurden, und eben so den Apparat, den er zu diesem speciellen Zweck construirt hatte. Obgleich dieser Apparat im Allgemeinen dem von Cavendish ähnlich war, so wich er doch in einigen Punkten wesentlich von demselben ab. Die grofsen Kugeln (oder *Massen*, wie sie genannt worden sind) hängen bei Cavendish und Reich von der Decke herab; allein Hr. Baily liefs sie von einem auf dem Boden stehenden und um eine Axe drehbaren Gestell tragen, und die kleinen Kugeln von der Decke herabhängen. Diese umgekehrte Art, die Massen zu bewegen, hält er für eine grofse Verbesserung, denn, sagt er, nichts kann die Ruhe,

dieser Körperschaft keine Schritte zur Ausführung dieser Maafsregel gethan, bis im Herbst 1837 der K. Astronom Hr. Airy (einer der Vice-Präsidenten dieser Gesellschaft) von der Regierung die Summe von 500 Pfund Sterling zu diesem Behufe erhielt.

Nachdem Hr. Baily sich erboten, die Anstellung der vorgeschlagenen Versuche und die Berechnung der Resultate zu übernehmen, wurde der Plan und die ganze Ausführung des Werks seinem Ermessen und seiner Leitung anheimgestellt.

Es ist einigermafsen sonderbar (*somewhat singular*), dafs, während dieser Plan in England im Werke war, eine ähnliche Reihe von Versuchen von Hrn. Reich, Professor der Physik an der Berg-Academie zu Freiberg unternommen und ausgeführt ward. Ein Bericht davon wurde in der Versammlung der deutschen Naturforscher zu Prag i. J. 1837 vorgelesen und ein Abrifs desselben in den »*Monthly Notices*« (Decemb. 1837) dieser Gesellschaft gedruckt [1]). Obwohl diese Versuche im Ganzen mit den von Cavendish erhaltenen Resultaten gut übereinstimmen, so thun sie doch dem Plane der Gesellschaft keinen Eintrag, da dieser nicht blofs eine Wiederholung der Cavendish'schen Versuche in ziemlich ähnlicher Weise beabsichtigte, sondern auch eine Erweiterung derselben, durch Abänderung der Gröfse und Substanz der angezogenen Kugeln, durch Ermittlung des Einflusses verschiedener Aufhängweisen, durch Anwendung bedeutender Temperatur-Unterschiede und durch andere Veränderungen, auf die man im Verlaufe der Untersuchung verfallen möchte. Reich machte nur von *einer einzigen* Masse Gebrauch, und zwar von einer, die an Gewicht weit unter den *zwei* von Cavendish angewandten lag. Das Gewicht von Reich's grofser Kugel

1) Hr. Prof. Reich hat seine Versuche ausführlich beschrieben in einer kleinen Schrift unter dem Titel: *Versuche über die mittlere Dichtigkeit der Erde mittelst der Drehwage.* (Freiberg 1838.)

betrug wenig mehr als 99 Pfund Avoirdupoids, während die beiden Kugeln, welche Cavendish anwandte, wohl 700 Pfund wogen. Reich's Versuche waren (wie die von Cavendish) ebenfalls gering an Zahl; er machte nur 57, aus denen er 14 Resultate herleitete. Das Mittel derselben giebt die Dichtigkeit der Erde =5,44, fast identisch mit dem Resultat von Cavendish.

Da ein grofser Theil des Apparats, welcher bestellt worden, um diese Zeit vollendet, und der übrige bedeutend vorgeschritten war, so beschlofs Hr. Baily, ungeachtet dieser scheinbaren Bestätigung der Cavendish'schen Versuche, an die Untersuchung zu gehen. Mehre Personen schlugen verschiedene Orte vor als am zweckmäfsigsten und bequemsten zur Anstellung dieser Versuche; allein nach Besichtigung mehrer derselben und nach Erwägung aller Umstände dabei entschlofs sich Hr. Baily zuletzt, sie in seinem eigenen Hause zu unternehmen, da er dieses nicht nur für am bequemsten hielt, sondern auch für so zweckgemäfs als irgend eins, welches eigends für den Zweck erbaut worden wäre. Diefs Haus steht abgesondert von jedem andern Gebäude in einem grofsen Garten, in einiger Entfernung von der Strafse und hat nur ein Stockwerk.

Der Verf. beschreibt alsdann das Zimmer, in welchem die Versuche angestellt wurden, und eben so den Apparat, den er zu diesem speciellen Zweck construirt hatte. Obgleich dieser Apparat im Allgemeinen dem von Cavendish ähnlich war, so wich er doch in einigen Punkten wesentlich von demselben ab. Die grofsen Kugeln (oder *Massen*, wie sie genannt worden sind) hängen bei Cavendish und Reich von der Decke herab; allein Hr. Baily liefs sie von einem auf dem Boden stehenden und um eine Axe drehbaren Gestell tragen, und die kleinen Kugeln von der Decke herabhängen. Diese umgekehrte Art, die Massen zu bewegen, hält er für eine grofse Verbesserung, denn, sagt er, nichts kann die Ruhe,

Festigkeit und Leichtigkeit übertreffen, mit welcher sich die grofsen Massen bewegen lassen, und während der vielen tausend Male, dafs ich sie rück- und vorwärts gedreht, habe ich nie die geringste Abweichung von der vollkommensten Genauigkeit beobachtet. Nach Beendigung der Versuche drehte sich die Axe so sanft, so frei und genau, wie beim Beginn derselben. Die kleinen Kugeln waren bei Cavendish und Reich mittelst eines dünnen Drahts an das Ende des Torsions-Balkens aufgehängt, wogegen Hr. Baily sie an die Enden dieses Balkens fest schraubte, so dafs sie einen unverrückbaren Theil desselben ausmachten. Die Bewegung des Torsions-Balkens wurde, nach dem Vorgange von Reich, mittelst des Bildes beobachtet, welches ein, in der Art, wie es Gaufs zu magnetischen Versuchen anwandte (*proposed*) [1]), an der Mitte des Balkens befestigter Spiegel von einer Skale reflectirte. Es wurden auch noch einige andere Abänderungen mit der Construction des Apparats vorgenommen, deren genauere Beschreibung aber für jetzt unnöthig seyn würde.

Hr. Baily wandte zuweilen mehre kleine Kugeln an, von verschiedener Gröfse und aus verschiedenen Substanzen, in der Absicht zu ermitteln, ob diefs Einflufs habe auf die Resultate. Die Kugeln waren von Platin, Blei, Zink, Glas, Elfenbein, *hohl* von Messing, von $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ Zoll im Durchm. Auch die Aufhängweise wurde aus ähnlichem Grunde abgeändert. Drähte von Eisen, Kupfer und Messing nebst Seidenfäden wurden successive angewandt, nicht blofs einfach, sondern doppelt, wie bei dem von Gaufs zu gewissen Zwecken angegebenen Bifilar-Magnetometer. Im Mittel betrug das Gewicht einer jeden der grofsen Kugeln (oder Massen) 2663282 Grains oder 380,5 Pfund Avoirdupoids, nach einer Bestimmung mittelst der genauen Wagen der Bank von

1) Vorgeschlagen wurde dieser Gebrauch des Spiegels bekanntlich von *mir* schon i. J. 1826. (Ann. Bd. VII S. 121.) *P.*

England. Das Gewicht der kleinen Kugeln ging von 1950 bis 23742 Grains. Die Länge des Aufhängefadens (*suspensions-line*) betrug 60 Zoll, und die Länge des Torsionsbalkens (zwischen den Mittelpunkten der beiden daran befestigten Kugeln) nahe 80 Zoll. Der Torsionsbalken war von vortrefflichem Tannenholz, seiner ganzen Länge nach von gleicher Gestalt, und nur etwa 2300 Grains schwer. Zu einigen besonderen Versuchen wurde ein Torsionsbalken angefertigt, dessen Gewicht fast zehn Mal so grofs war. Er bestand aus einem soliden Messingstabe, und wurde zuweilen gebraucht, ohne dafs Kugeln an seinem Ende befestigt waren.

Der Torsionsbalken und die Aufhängefäden wurden beschirmt durch einen Mahagoni-Kasten, von ähnlicher Construction wie der von Cavendish gebrauchte, allein getragen von der Decke in einer sehr festen Weise, und ohne Verbindung mit dem Fufsboden oder irgend einem anderen Theil des umgebenden Apparats. Jede Vorsicht war getroffen, um den Torsionsbalken vor dem Einflufs einer plötzlichen oder partiellen Temperatur-Aenderung zu schützen, und eben so, um die Unveränderlichkeit und Festigkeit des ihn tragenden Gestells zu sichern. Des Verf. Bemerkungen hierüber sind erwähnenswerth. Er sagt: »Um mich zur Zeit der Construction des Apparats hievon zu überzeugen, machte ich verschiedene Versuche, eine merkliche Störung in der Bewegung des Torsionsbalkens hervorzubringen, indem ich die Thüren oft und heftig zuschlug, stark auf den Fufsboden sprang, auch über die Decke ging, oder in ähnlicher Weise verfuhr; allein in keinem Fall konnte ich die geringste Wirkung auf die Seitenbewegung des Balkens bemerken. Denselben Versuch habe ich, seitdem der Apparat vollendet ist, oft in Gegenwart anderer Personen wiederholt; auch habe ich nicht blofs zufällig, sondern auch absichtlich, bei den heftigsten Stürmen, die ich je erlebt, wenn der Wind so tobte und in solchen Stöfsen bliefs,

dafs das Haus bis in seinen Grundmauern bebte, regelmäfsige Versuche über die Dichtigkeit der Erde angestellt. Allein niemals habe ich in den Seitenbewegungen des Torsionsbalkens die geringste Störung, noch in den Resultaten des Versuchs die geringste Abweichung wahrgenommen. Ich halte es für passend diese Bemerkungen zu machen, weil einige Personen anfangs die Meinung aussprachen, dafs der von mir gewählte Ort nicht ganz zweckmäfsig sey für Versuche von so feiner Art. Allein eine augenblickliche Betrachtung wird jede mit dem Gegenstand vertraute Person überzeugen, dafs keine *hüpfende* (*dancing*) Bewegung des Aufhängefadens (selbst wenn sie da wäre) dem Torsionsbalken eine unregelmäfsige *Seiten*- oder *Winkel-Bewegung* mittheilen würde; und gegen diese anomale Bewegung allein hat man sich zu schützen.«

»Es ist noch ein anderer merkwürdiger Umstand mit diesem Gegenstand verknüpft, dessen Erwähnung ich hier gleichfalls für erforderlich halte. Wenn der Torsionsbalken in Ruhe war, habe ich oft den Torsionskasten erschüttert, indem ich die Enden rasch rück- und vorwärts führte, von Seite zu Seite, wohl funfzig Mal und darüber; allein ich konnte niemals finden, dafs diese Erschütterung des Kastens dem Torsionsbalken die geringste Bewegung einprägte; er blieb unverrückt in seiner Lage. Zu verschiedenen Zeiten wohnten wissenschaftliche Personen diesem Versuche bei. Trotz dieser Unbewegligkeit des Torsionsbalkens setzte er sich doch sogleich in Bewegung: änderte seinen Ruhepunkt rasch, so wie man an der *Seite* des Torsionskastens die geringste Temperatur-Aenderung anbrachte, oder auf beide Seiten nahe den Kugeln ein wenig Weingeist spritzte.«

Ungeachtet dieser günstigen Umstände stiefs der Verf. anfangs auf gewisse, schwer zu entfernende Unregelmäfsigkeiten und Abweichungen, welche auch Cavendish und Reich erfahren zu haben scheinen, und vermuth-

lich durch Temperatur-Veränderungen in dem Zimmer der Versuche veranlafst wurden. Cavendish wählte ein Hinterhaus in seinem Garten in der Gemeinde Clapham; er hatte seinen Apparat *in* dem Gebäude aufgestellt, und bewegte die Massen mittelst Schnüre, die durch ein Loch in der Mauer gingen, während er die Torsionswage von *außerhalb* mittelst eines im Vorzimmer aufgestellten Fernrohrs beobachtete. Im Allgemeinen war daher die Temperatur im Innern wahrscheinlich gleichförmig während der Zeit, da er mit einer Reihe von Versuchen beschäftigt war. Allein es ist kaum zu erwarten, dafs ein Gebäude dieser Art und in solcher Lage eine und dieselbe Temperatur vier und zwanzig Stunden lang gleichförmig bewahrt habe, besonders in der Jahreszeit, die er zu seinen Versuchen wählte. Reich befolgte einen ähnlichen Plan, doch unter anscheinend günstigeren Umständen. Er wählte einen dunklen Keller, wo die Temperatur nicht so leicht eine Störung erlitt, und, nachdem er die Thür verschlossen hatte, beobachtete er, wie Cavendish die Bewegungen der Torsionswage von aufsen. Allein selbst in einer Räumlichkeit dieser Art dürfen wir keine volle Gleichförmigkeit der Temperatur auf lange Zeit erwarten. Keiner dieser Physiker hat hierüber eine Auskunft gegeben; beide haben vielmehr Anomalien angetroffen, die sie nicht vollständig erklären konnten; und obwohl Cavendish die Ursache einiger dieser Anomalien zu errathen schien, so hat er doch bei keinem seiner folgenden Versuche ein Hülfsmittel zur Abstellung derselben angewandt.

Hr. Baily bemerkt, dafs seine ersten Versuche leidlich regelmäfsig waren, obwohl die Resultate im Allgemeinen gröfser ausfielen als die von Cavendish oder Reich erhaltenen. Allein bald beobachtete er Widersprüche, welche ihn überzeugten, dafs eine störende Kraft in Thätigkeit war, an die er nicht gedacht hatte und die er nicht zu entdecken vermochte. Einer der auffallendsten

Beweise von solcher Anomalie war der merkwürdige Umstand, dafs, während eines und desselben Versuchs, der Schwingungsbogen selten so regelmäfsig abnahm als er es thun sollte, ja, allen bekannten Gesetzen für diese Umstände zuwider, häufig *zunahm*. Ungeachtet dieser Unterbrechungen hielt er es nicht nur für zweckmäfsig, die Versuche eine Zeit lang in der gewöhnlichen Weise fortzusetzen, in der Hoffnung, dafs sie zuletzt einiges Licht auf die wahrscheinliche Ursache der Anomalien werfen und eine Correction für die Wirkung ihres Einflusses an die Hand geben würden; sondern er wurde auch veranlafst, so wie Umstände und Gedanken sich dazu darboten, einige neue Reihen von Versuchen anzustellen, eigends um den Gegenstand aufzuklären. Die Theorien der Elektricität, des Magnetismus, der Temperatur und der Luftströme, der Einflufs verschiedener Aufhängeweisen an einfachen und doppelten Drähten und an doppelten Seidenfäden, Kugeln von verschiedener Substanz und Gröfse wurden folgweise und häufig zu Hülfe gezogen, und verschiedene Versuche gemacht, um den wahrscheinlichen Einflufs auf die Resultate zu entdecken. Auch die Anstellungsweise der Versuche wurde verschiedentlich abgeändert, um Aufschlufs über den fraglichen Punkt zu erhalten. Einige wurden nach dem Verfahren von Cavendish, andere nach dem von Reich angestellt (denn die Methoden beider Physiker waren sehr verschieden von einander), sehr viele aber nach einem von beiden ganz abweichenden Verfahren. Zuweilen wurden erhitzte Kugeln und starke Lampen neben der Torsionswage angebracht, um die Temperatur künstlich zu erhöhen; andererseits wurden zu ähnlichem Behufe Eismassen angewandt. Auch die Art, die Massen in Bewegung zu setzen, wurde häufig abgeändert, in der Hoffnung dadurch den Schlüssel zum Räthsel aufzufinden. Allein der Verfasser hält es für nutzlos in das Detail dieser fruchtlosen Versuche einzugehen, die ohne Unterbrechung achtzehn Monate lang

fortgesetzt und fast bis zur Zahl von 1300 angehäuft wurden. Viele derselben waren blofs speculativer Natur, um die Ursache der erwähnten Anomalien zu entdecken; allein wenigstens tausend derselben wurden besonders zu dem Zweck, die Dichtigkeit der Erde zu bestimmen, angestellt und wirklich reducirt. Allein die Resultate, obwohl in vielen Fällen übereinstimmend, waren doch im Ganzen so widersprechend und ungenügend, dafs auf das allgemeine Resultat kein Zutrauen gesetzt werden konnte. Und da er nicht beabsichtigte, blofs die günstig scheinenden Versuche auszuwählen oder irgend eine besondere Theorie zu unterstützen, so verwarf er endlich das Ganze.

Während dieser Untersuchungen wurde der Verf. häufig von verschiedenen wissenschaftlichen Personen besucht, die ein lebhaftes Interesse an dem Gegenstande seiner Beschäftigung nahmen, und ihm bei mehren Gelegenheiten gütig ihre Meinungen und Rathschläge mittheilten. Vorzugsweise fühlt er sich dem Prof. Forbes zu Edinburgh verpflichtet, für die genügendste Entfernung der haupsächlichsten Anomalien, die er angetroffen hatte. Die Vertrautschaft dieses Physikers mit der Theorie und den Wirkungen der Wärme führte ihn darauf, übereinzustimmen mit Cavendish, dafs in der *Wärmestrahlung* aus den Massen, wenn diese neben die Torsionswage gebracht sind, wenigstens eine der Fehlerquellen liege, und dafs diese, ungeachtet der Wände des Kastens und der schon getroffenen Vorsichtsmafsregeln, noch wirksam sey. Um den Effect der Wärmestrahlung, aus welcher Quelle sie anch entspringen mochte, zu entfernen, schlug er vor, die Massen zu vergolden und auch den Torsionskasten mit einer *vergoldeten* Hülle zu versehen. Diesem Rathschlag gemäfs, liefs Hr. Baily nicht nur eine vergoldete Hülle in der hier vorgeschlagenen Weise machen, sondern auch den Torsionskasten überall mit dickem Flanell bekleiden. Nachdem diese

und andere Verbesserungen angebracht waren, beschlofs der Verf. eine *neue Reihe* von Versuchen zur genauen Bestimmung der Dichtigkeit der Erde zu unternehmen, und bald überzeugten ihn die Resultate, dafs das geeignetste Mittel zur Entfernung der hauptsächlichsten Fehlerquelle getroffen worden war; denn wiewohl in einigen Fällen noch leichte Abweichungen auftraten, wie es bei einer Untersuchung von so feiner Art nicht anders zu erwarten war, so schienen doch die gröfseren Abweichungen mehr auf Eine Klasse von Versuchen beschränkt, und hauptsächlich von der Natur und Einrichtung des Aufhängefadens und der Torsionswage abzuhängen, und nicht merklich auf das allgemeine Resultat des Ganzen einzuwirken. In der That giebt Hr. Baily an, dafs ihm seitdem sehr wenig von den regelrecht gemachten Versuchen vorgekommen, die tadelhaft oder verwerflich gewesen wären. Es wurde daher jeder, bei dieser neuen Anordnung des Apparats gemachte Versuch, mochte er gut, schlecht oder mittelmäfsig seyn, aufgezeichnet und aufbewahrt. Sie alle sind ohne irgend einen Rückhalt gegeben, so dafs der Leser nach Belieben verwerfen oder beibehalten kann, was ihm dazu geeignet scheint.

Nach diesen einleitenden Bemerkungen beschreibt der Verf. die verschiedenen Arten des von ihm befolgten regelmäfsigen Beobachtungssystems. In Bezug auf die Torsionswage giebt er an, dafs sie niemals in voller Ruhe ist, sondern beständig um ihren Mittelpunkt oscillirt. Wenn er folglich das Ende derselben von weitem mit einem Fernrohr betrachtet, so scheint sie um einen mittleren Punkt zu schwanken, den er den *Ruhepunkt* nennt, denn selbst wenn sie anscheinend in vollständiger Ruhe ist, sind mit dem Fernrohr immer kleine Schwingungen sichtbar; und die Zeiten zur Durchlaufung solcher unendlich kleinen Bogen entsprechen in den meisten Fällen sehr nahe dem Mittel der Schwingungszeit, die bei voller Thätigkeit der Drehwage stattfindet. Hr. Baily

bemerkt jedoch, dafs dieser Ruhepunkt keineswegs stillsteht, selten lange in einer und derselben Lage bleibt, selbst wenn nicht durch Annäherung einer Masse auf die Torsionswage eingewirkt wird. Die Gröfse und Richtung dieser Störungen, so wie der Betrag der sonach gestörten Bewegungen, sind sehr veränderlich, und scheinen von Ursachen abzuhängen, die noch nicht hinlänglich erklärt sind, die aber innerhalb gewisser Gränzen entweder von geringen Temperatur-Veränderungen, oder von einer versteckten Abänderung der Bestandtheile des Aufhängefadens herrühren mögen. Diese Schwingungsbewegungen des Ruhepunkts (welche von den regelmäfsigen Schwingungen des Torsionsbalkens bei Annäherung der Massen sorgfältig unterschieden werden müssen) wirken auf das mittlere Resultat einer Versuchsreihe nicht bedeutend ein, besonders wenn ihr Gang regelmäfsig ist. Nur wenn eine plötzliche und bedeutende Verrückung stattfindet, tritt ein beträchtlicher Fehler ein; doch geschieht diefs selten, wenn die gehörigen Vorsichtsmafsregeln zur Beschützung des Torsionskastens genommen worden sind. Indefs ist der Verfasser der Meinung, dafs zuweilen Störungen auftreten, die nicht ganz einer Temperatur-Veränderung zugeschrieben werden können, sondern andere versteckte und bis jetzt noch nicht ermittelte Ursachen haben müssen. Den regelmäfsigen Gang des Ruhepunkts der Torsionswage zu beachten ist am wichtigsten, da jede bedeutende Abweichung davon die Quelle grofser Nichtübereinstimmung ist.

Nächstdem kommt die Torsionskraft in Betracht. Mit Recht bemerkt Hr. B., dafs die Torsionskraft eines Fadens die Elasticitätskraft sey, mittelst welcher er in die ursprüngliche Lage zurückzukehren sucht, wenn er durch eine äufsere Kraft daraus abgelenkt worden. Sie variirt mit der Substanz, Gröfse und Länge des Drahts, wird aber im Allgemeinen für einen selben Draht als constant betrachtet, was für ein Gewicht auch daran gehängt sey.

Diefs gilt jedoch nur innerhalb gewisser Gränzen, da die Schwingungszeit (welches ein Element der Torsionskraft ist) häufig sehr bedeutend verschieden ist, ohne irgend eine sichtbare Aenderung in den Bestandtheilen des Apparats. Denn der Verf. giebt an, dafs im Laufe *Einer Stunde* oft sehr bedeutende Veränderungen in der Schwingungszeit stattfinden, die zeigen, dafs die Torsionskraft eine merkliche Aenderung erlitten hat. Allein diese Aenderung der Torsionskraft scheint die Resultate der Versuche nicht zu ändern; denn man findet, dafs, wenn die Zeit zunimmt, die Ablenkung ebenfalls im richtigen Verhältnifs wächst. Die Gröfse der Torsionskraft ist demnach kein nothwendiger Gegenstand der Untersuchung bei dieser Arbeit.

Die einzigen beiden Gegenstände, welche eine sorgfältige Beachtung verdienen, wenn man Resultate aus den Versuchen ziehen will, sind: die Bestimmung des *Ruhepunkts* der Torsionswage und die *Zeit* ihrer Schwingung. Glücklicherweise können nun diese beiden Elemente, wie anomal sie auch seyen, allemal mit der gröfsten Leichtigkeit und Genauigkeit beobachtet werden, und sie führen niemals im mindesten Zweifel oder Schwierigkeit mit sich. Es giebt jedoch noch einen anderen Punkt, der bei jeden Versuch sorgfältig ermittelt werden mufs; das ist nämlich der Abstand des Centrums der Massen von dem Centrum der Kugeln. Diefs geschah mittelst Senkbleie, die sich gegen die Massen endigten, und deren gegenseitige Abstände bei jedem Versuch mittelst eines sorgfältig ajustirten mikroskopischen Apparats gemessen wurden.

Aus den Resultaten verschiedener von dem Verf. gemachter Versuche geht hervor, dafs *einfache* Drähte von verschiedenen Durchmessern geringe Unterschiede liefern. Dagegen ergeben sich, wie er sagt, die widersprechendsten Resultate, wenn die *doppelten* Aufhängefäden von Seide sind. Diese Anomalien entspringen, nach ihm,

hm, daraus, dafs nicht *alle* Fasern, aus denen die Strähne besteht, bei successivem Anheften der verschiedenen Kugeln an die Torsionswage *gleichmäfsig* ausgestreckt werden, somit auf diese ungleiche Kräfte wirken, die folglich eine Abweichung in den Resultaten hervorbringen. Diese Abweichungen scheinen jedoch im Allgemeinen innerhalb gewisser Gränzen eingeschlossen.

Der Verfasser giebt nun einen ausführlichen Bericht von den von ihm mit dem verbesserten Apparat gemachten Versuchen, deren Anzahl sich im Ganzen auf 2153 beläuft, und die in verschiedener Weise ausgeführt wurden, um einiges Licht zu werfen auf die kleinen Unregelmäfsigkeiten, die trotz seiner Sorgfalt und Vorsicht, zuweilen bei denselben eintraten. Es würde unmöglich seyn, in einem Abrifs wie diesen, die verschiedenen Verfahrungsweisen in allen Einzelheiten mitzutheilen; sie müssen bis zur Erscheinung des Werkes selbst unerklärt bleiben. Allein die folgende Tafel wird den Leser in den Stand setzen, die mit verschiedenen Kugeln bei verschiedenen Aufhängweisen erhaltenen Resultate zu beurtheilen. Die angewandten sieben Kugeln sind in der ersten Spalte aufgeführt, geordnet nach ihrem Gewicht. Die drei folgenden Spalten enthalten die Anzahl der mit denselben gemachten Versuche, nebst der daraus hervorgehenden mittleren Dichtigkeit, geordnet nach der Aufhängweise an doppelten Seidenfäden, doppelten oder einfachen Kupferdraht. Die drei unterhalb der Tafel angegebenen Reihen, welche 149 Versuche enthalten, werden sogleich erklärt werden.

Substanz u. Durchmesser der Kugeln.	Doppelter Seidenfaden.		Doppelter Draht.		Einfacher Draht.	
	Zahl d. Vers.	Dichte.	Zahl d. Vers.	Dichte.	Zahl d. Vers.	Dichte
Blei 2½"	148	5,60	130	5,62	57	5,58
Blei 2"	218	5,65	145	5,66	162	5,59
Platin 1½"	89	5,66			86	5,56
Messing 2½" . . .	46	5,72			92	5,60
Zink 2"	162	5,73	20	5,68	40	5,61
Glas 2"	158	5,78	170	5,71		
Elfenbein 2" . . .	99	5,82	162	5,70	20	5,79
Bleikugel 2½", mit Messingstab			44	5,62		
dito dito dito 2" dito dito			49	5,68		
Messingstab allein			56	5,97		

Bei solcher Anzahl von Versuchen, angestellt auf so verschiedene Weise und mit so verschiedenem Material, kann nicht erwartet werden, dafs das mittlere Resultat der verschiedenen Klassen von gleichem Gewichte sey. Auch hat der Verf. selbst bei einer Erörterung dieses Gegenstandes deutlich gezeigt, dafs einige derselben mehr Zutrauen verdienen als andere, und überdiefs einige wenige wohl verwerflich seyn könnten. Eine Auseinandersetzung hierüber würde indefs hier nicht am Orte seyn; es mag die Angabe genügen, dafs wenn man jedem Versuche gleiches Gewicht beilegt, das mittlere Resultat der ganzen 2004 Versuche =5,67 ist. Es ist nicht sehr wahrscheinlich, dafs das Ergebnifs dieser ungeheuren Anzahl von Versuchen wesentlich geändert werde, wenn diejenigen wenigen Versuche, die eine Fehlerquelle mit sich führen könnten, ganz ausgelassen würden.

Der Verf. bemerkt, es könne nicht entgehen, dafs das allgemeine Mittel-Resultat dieser Versuche viel (um $\frac{1}{25}$) gröfser ist, als das von Cavendish oder Reich gefundene, die beide genau zu derselben Zahl, nämlich 5,44, gelangt sind. Er giebt indefs keine wahrscheinliche Ursache dieser Abweichung an. Aus den gegebenen *Detail* seiner eigenen Versuche ist indefs einleuchtend,

dafs wahrnehmbare Unterschiede nicht nur aus der Aufhängweise der Torsionswage, sondern auch aus dem Material der Aufhängefäden entspringen können. Es ist indefs einigermafsen sonderbar, dafs keins der mittleren Resultate in irgend einer Klasse so gering ist als das von den eben genannten Physikern erhaltene.

In diesen Bemerkungen geschah der mit dem messingenen Torsionsbalken gemachten 149 Versuche keiner Erwähnung. Diese Versuche wurden eigends unternommen, um den Einflufs einer solchen Einrichtung auf das allgemeine Resultat zu ermitteln. Dieser Torsionsbalken hatte beinahe dasselbe Gewicht wie die beiden zweizölligen Bleikugeln, und ungefähr das halbe Gewicht der beiden $2\frac{1}{2}$zölligen Bleikugeln. Die Versuche wurden gemacht nicht nur mit successiver Anheftung dieser Kugeln an den Balken, sondern auch mit dem Balken allein. Die Resultate zeigen, dafs die Anziehung der Massen auf den Balken um etwa $\frac{1}{20}$ verringert werden müfste, um diese drei Resultate nicht nur mit einander, sondern auch mit den Versuchen, wo dieselben Kugeln auf dieselbe Weise an dem leichteren hölzernen Torsionsbalken befestigt waren, in Uebereinstimmung zu bringen.

XI. *Zerlegung einiger siebenbürger Tellur-Erze; von* Wilhelm Petz *in Pesth.*

Die Tellur-Verbindungen nehmen, in Bezug auf das Interesse das sie bieten, unter den in Ungarn vorkommenden Mineralien eine der ersten Stellen ein; trotz dem sind die Eigenschaften mehrerer derselben so wenig untersucht und die über selbe vorhandenen Angaben so unvollständig, dafs man sie als beinahe unbekannt annehmen mufs. Diefs hat seinen Grund wohl darin, dafs

sie zum Theil an sich selten sind, zum Theil aber selten in Stücken vorkommen, welche für genauere Untersuchungen geeignet sind. Da nun der Zufall mich in Besitz solcher Stücke gesetzt hat, habe ich durch die Untersuchungen, deren Ergebnisse ich hier mittheile, nach Kräften und Umständen, zur näheren Kenntnifs dieser Verbindungen beizutragen gesucht.

Die von mir genauer untersuchten sind: Tellur-Silber von Siebenbürgen, Schrift-Erz, Weifstellur und gediegen Tellur; über Blättertellur und natürlich vorkommende tellurige Säure ist mir nicht möglich mehr als einige Notizen mitzutheilen.

Von naturhistorischen Eigenschaften ist nur das specifische Gewicht genauer untersucht worden. Die zu den Analysen verwendeten Stücke waren dieselben, welche zu den Bestimmungen der spec. Gewichte dienten. Da sie nun alle bei der Analyse einen Rückstand von Quarz gaben, sind die hier angegebenen spec. Gewichte nicht die unmittelbar durch Wägungen gefundenen, sondern die ohne Zweifel der Wahrheit näheren nach Abzug des Quarzes durch Rechnung erhaltenen.

Die Härte liefs sich theils schwer beobachten, war theils mit früheren Angaben übereinstimmend, daher über selbe nur dort etwas gesagt wurde, wo es nicht ohne Interesse war, ihrer zu erwähnen.

Von den Krystallformen war an den mir zu Gebot stehenden Stücken so wenig zu beobachten, dafs daraus weder für, noch gegen frühere Angaben etwas zu schliefsen möglich war; daher sie beinahe ganz vernachlässigt wurden.

Das bei den Analysen befolgte Verfahren war folgendes: das Mineral wurde mit Salpetersäure bis zur vollkommenen Oxydation behandelt, was ein lange fortgesetztes Kochen mit starker Säure erforderte, wenn es vollkommen geschehen sollte. Das unaufgelöst gebliebene von der Flüssigkeit gesondert, wurde in Königswasser

aufgelöst, das Gold durch schwefelsaures Eisenoxydul niedergeschlagen, und so wie auch der etwa vorhandene Rückstand von Quarz geglüht und gewogen. Aus der bei der ersten Auflösung erhaltenen Flüssigkeit das Silber durch Salzsäure niedergeschlagen, durch kochendes Wasser vom etwa mitgefallenen Chlorblei geschieden, sämmtliche Flüssigkeit mit überschüssigem Schwefelhydrogenammon versetzt, der Niederschlag durch Salpetersäure oxydirt, das Blei als schwefelsaures Blei bestimmt, die schwefelammonhaltige Flüssigkeit mit Essigsäure versetzt, die niedergefallenen Schwefelmetalle durch Salpetersäure oxydirt, mit Salzsäure versetzt, bis zur vollständigen Entfernung der Salpetersäure abgedampft. Das Tellur durch schwefligsaures Ammoniak niedergeschlagen, die vom Tellur abfiltrirte Flüssigkeit auf's Neue mit Schwefelammoniak übersättigt, der etwa erscheinende Niederschlag abgesondert, das Schwefelantimon durch Essigsäure gefällt und in selbem, nachdem es durch Salpetersäure oxydirt worden, das Antimon nach Abzug des Schwefels durch den Verlust gefunden.

Aufser Gold, Silber, Blei, Tellur fanden sich Kupfer und Eisen, aber ihre Menge war so gering, dafs nur in einem Fall das Kupfer gewogen werden konnte. Eben so waren nur bei einigen Stücken geringe Spuren von Schwefel zu entdecken.

Die hier angegebenen Mengen des Tellurs wurden durch Abzug der übrigen Bestandtheile vom Gesammtgewicht der zur Analyse verwendeten gefunden. Es ist diefs geschehen, weil sich bei allen Analysen ein Ueberschufs gezeigt, welcher wohl daher kommen mag, dafs während des Trocknens ein Theil des Tellurs Sauerstoff aus der Luft aufnimmt. Durch diesen immer wiederkehrenden Fehler aufmerksam gemacht, wurde eine gewogene Quantität reinen Tellurs aufgelöst und mit schwefligsaurem Ammoniak niedergeschlagen, auch da erschien der Ueberschufs wieder und zeigte die Ursache des Uebels.

Die Scheidung des Antimon vom Tellur durch schweflige Säure gelingt recht gut, nur mufs sie in verdünnter Auflösung mit bedeutendem Ueberschufs von schwefligsaurem Ammoniak vorgenommen werden. Erwärmung ist dabei nicht nothwendig, im Gegentheil nachtheilig: die schweflige Säure verdampft schneller, man mufs mehr vom Fällungsmittel zusetzen, und kommt in Gefahr, wenn nicht sehr viel freie Salzsäure da ist, etwas Antimon mit zu fällen. Die letzten Antheile von Tellur scheiden sich übrigens auch da nur nach längerem Stehen bei gewöhnlicher Temperatur aus. Am besten ist es, das schwefligsaure Ammoniak der kalten Flüssigkeit zuzusetzen und sie ungefähr 24 Stunden stehen zu lassen. Man mufs aber Acht haben, ob der Geruch nach schwefliger Säure nach dieser Zeit nicht verschwunden ist, wie es bei Rückhalten von Salpetersäure manchmal geschieht, ist diefs der Fall, so mufs man auf's Neue vom Fällungsmittel zusetzen, und auf keinen Fall früher filtriren, als bis der Geruch nach der gegebenen Zeit geblieben ist.

Tellursilber.

Die mir vorgekommenen Stücke dieses Minerals waren mir unter den Namen Tellurgold, Weifstellur und Fahlerz von Nagyag in Siebenbürgen zugekommen. Da nun eine Verbindung ersterer Art, meines Wissens, weder dem Namen noch der Sache nach, bekannt ist, und das Mineral mit den beiden anderen wenig Aehnlichkeit zeigte, schien es mir einer genaueren Untersuchung würdig.

Den äufseren Kennzeichen nach zeigten sich zwei verschiedene Varietäten. Die eine war in Bezug auf Absonderungsverhältnisse, Glanz, Farbe, Geschmeidigkeit und Härte, ganz der sibirischen ähnlich. Der Bruch der andern ist flachmuschlig in den ebenen übergehend, der Glanz stärker, die Farbe etwas dunkler, die Geschmeidigkeit geringer, manchmal fast ganz verschwunden; doch

war selbst dann noch bei Versuchen mit dem Messer ein gewisser Zusammenhang zu bemerken, welchen ganz spröde Mineralien von gleicher Härte nicht zeigen. Ob die Härte bei beiden Varietäten gleich sey, war der verschiedenen Geschmeidigkeit wegen schwer zu bestimmen, doch schien letztere Varietät etwas härter zu seyn.

Von Krystallgestalt war nichts von einiger Deutlichkeit zu bemerken, und selbst Spuren sind mir nur an zwei Stücken vorgekommen. An dem einen war es ein einfacher Krystall von scheinbar hemiprismatischem Habitus, und der andere schien ein Zwilling zu seyn, an dem aber nur Prismen mit gebogenen Flächen, starker Streifung und ohne Endflächen sichtbar waren. Beide waren geschmeidig.

Von der ersten Varietät gab. zwei Wägungen ein spec. Gew. von 8,31 8,45
- - zweiten - - - - - - - - - - 8,72 8,83

Die Analyse gab für:

	a) erste Varietät	b) zweite Varietät
Silber	61,55	46,76
Gold	0,69	18,26
Tellur	37,76	34,98.

Beide mit Spuren von Eisen, Blei und Schwefel.

Die Bestandtheile der ersten Varietät und ihre Verhältnisse stimmen mit denen des sibirischen Tellursilbers recht gut bis auf den Goldgehalt, und sie dürfte daher für Ag Te mit etwas Tellurgold anzusehen seyn.

Die zweite Varietät giebt nahezu Ag Te, gemengt mit Au Te. Berechnet brauchen

46,76 Ag zu Ag Te 27,73 Th. Tellur
18,26 Au zu Te 5,88 - -
33,61.

Das Verhältnifs zwischen Ag Te und Au Te nähert sich keinem bestimmten; auch spricht das übrige Verhalten der beiden Varietäten gegen einander nicht für eine Tren-

nung in zwei Species, welches, falls man Ag Te und Au Te in bestimmten Verhältnissen verbunden annehmen wollte, nothwendig geschehen müfste. In Bezug auf die äufseren Kennzeichen, und vorzüglich auf Geschmeidigkeit finden sich zwischen beiden Varietäten so viele Zwischenstufen, dafs an einem Uebergang aus einer in die andere nicht zu zweifeln, und mit Recht zu erwarten ist, dafs wenn mehrere dieser Zwischenstufen untersucht seyn werden, der Gehalt an Gold sich so verschieden zeigen wird, dafs auch die spröde Varietät für Tellursilber mit einer gröfseren Menge eingemengten Tellurgoldes wird angesehen werden können.

Das Verhalten vor dem Löthrohre ist bei beiden dem des sibirischen Tellursilbers gleich; der gröfsere Goldgehalt ist auf diesem Wege nicht wahrzunehmen.

Alle mir vorgekommene Stücke waren von Nagyag in Siebenbürgen. Sie finden sich da unter verschiedenen Verhältnissen: als kleine derbe Parthien und fein eingesprengt in grauen Quarz, als sehr schmale Gangausfüllungen zwischen kleinen Quarzkrystallen in verwittertem Grünsteinporphyr, mit Blättererz und Rothmangan in Quarz, mit Weifstellur, mit Gold unter denselben Verhältnissen, doch immer sehr selten, unter den Tellurerzen von Siebenbürgen eines der am sparsamsten vorkommenden oder vorgekommenen, denn es waren lauter Stücke älteren Vorkommens, an denen es beobachtet worden.

Schrifterz.

Diefs im Ganzen nicht seltene Mineral findet sich meist in so dünnen Ueberzügen, dafs es bisher noch nicht gelungen ist, eine zu einer ausführlichen Analyse hinlängliche Quantität zusammenzubringen, welchem Umstande wohl die Unvollständigkeit und Unzuverlässigkeit der darüber bekannten Angaben zuzuschreiben ist. Auch mir sind bis jetzt, wenigstens an zu genauerer Unters-

chung zugänglichen Stücken, keine Krystalle vorgekommen, welche zuverlässige Beobachtungen in Bezug auf Gestalt gestattet hätten; es waren immer nur undeutliche, an den Kanten abgerundete Krystalle mit gebogenen Flächen, welche übrigens dem Ansehen nach der von Mohs gegebenen Zeichnung ähnlich waren.

Das bisher für dasselbe angenommene spec. Gewicht ist, wie schon aus dessen Zusammensetzung zu vermuthen, viel zu gering. Von den zwei analysirten Varietäten war nur eine zum Wägen geeignet, weswegen ich auch nur eine Wägung habe anstellen können; diese gab für die Varietät *b*) 8,28.

Es enthält *a*) in dünnen flachen Nadeln scheinbar unter Winkeln von 60° und 120° verwachsen.

- - *b*) in dicken Nadeln mit undeutlichen Krystallen besetzt:

a)	Beob.	Berechn.	Diff.
Gold	26,97	26,32	0,65
Silber	11,47	11,47	
Blei	0,25	0,25	
Antimon	0,58		0,58
Kupfer	0,76	0,76	
Tellur	59,97	59,43	9,54

b)	Beob.	Berechn.	Diff.
Gold	26,47	26,77	0,40
Silber	11,31	11,31	
Blei	2,75	2,75	
Antimon	0,66	0,06	0,60
Tellur	58,81	58,81	

Weifstellur.

Die Verschiedenheit der an verschiedenen Stücken zu beobachtenden äufseren Kennzeichen und Eigenschaften stellen seiner richtigen Bestimmung bedeutende Schwie-

rigkeiten entgegen, welche sich indessen, bei genauer Betrachtung und Untersuchung einer hinlänglichen Anzahl wohl beschaffener Stücke, ziemlich befriedigend lösen.

Dicke, undeutlich eingewachsene und flache tafelförmige Prismen sind alles, was von Krystallen mir zu Gesicht gekommen ist. Die eingewachsenen Prismen sind manchmal unter Winkeln von 60° und 120° verwachsen.

In Bezug auf Theilbarkeit zeigen sich grofse Verschiedenheiten. Manchmal ist sie sehr deutlich, an anderen Stücken wieder vollkommen verschwunden, in unebenem Bruch aufgelöst, so dafs man bei einiger Farbenverschiedenheit es mit verschiedenen Körpern zu thun zu haben glaubt. Indessen finden sich auch Stücke an welchen bei ununterbrochenem Zusammenhang das vollkommene Verschwinden der Theilbarkeit, durch stufenweises Abnehmen derselben, sehr deutlich beobachtet werden kann, und welche die Identität der in dieser Hinsicht oft sehr verschiedenen Vorkommnisse sehr wahrscheinlich machen.

Genau dasselbe läfst sich in Bezug auf Farbe beobachten. Zwischen Zinnweifs, Silberweifs und licht Messinggelb finden sich alle Zwischenstufen, und geben den verschiedenen Stücken mitunter grofse Mannigfaltigkeit im Ansehen. Beobachtungen verschiedener Farben und von Uebergängen derselben in einander, an ein und denselben Stücken heben auch hier wieder die etwa entstehenden Zweifel an der specifischen Identität derselben.

Alle diese Verschiedenheiten und Uebergänge, sowohl an Farbe als der Theilbarkeit, finden sich beim Schrifterze wieder, und es giebt auch da, obwohl weit seltner, Stücke, an welchen alles diefs an einem und demselben wahrzunehmen, und bei der Betrachtung gleichbeschaffener Stücke findet man zwischen Schrifterz und Weifstellur eine so auffallende Aehnlichkeit, dafs man schon auf das blofse Ansehen hin bewogen wird, beide für ein und derselben Species angehörig zu betrachten.

Diese Vermuthung wird durch Erwägung der Uebereinstimmung im spec. Gewichte und dem chemischen Verhalten zur Evidenz.

Das spec. Gewicht geht beim Weisstellur von 7,99 bis 8,33. Analysirt wurden:

a) Weiss, lange Krystalle in Kalkspath eingewachsen; deutlich theilbar; spec. Gewicht 8,27

b) Weiss, dicke Krystalle in Kalkspath und Rothmangan; deutlich theilbar; spec. Gew. 7,99

c) Gelblich, kurze Krystalle, und eingesprengt in Rothmangan; undeutlich theilbar; spec. Gew. 8,33

d) Lichtgelb, kleine derbe Massen in Rothmangan und Quarz, ohne Theilbarkeit.

e) Lichtgelb, kleine derbe Massen mit etwas Quarz und Rothmangan; untheilbar.

	a) 1.	2.	3.	*b*) 1.	2.	3.
Gold	24,89	24,89		28,98	25,14	3,84
Silber	14,68	13,53	1,15	10,69	10,69	
Blei	2,54		2,54	3,51	2,85	0,66
Antimon	2,50	0,79	1,71	8,42	8,42	
Tellur	55,39	55,39		48,40	48,40	

	c) 1.	2.	3.	*d*) 1.	2.	3.
Gold	27,10	25,33	1,67	25,31	23,49	1,82
Silber	7,47	7,47		10,40	10,40	
Blei	8,16	6,03	2,13	11,21	2,27	8,94
Antimon	5,75	5,75		8,54	8,54	
Tellur	51,52	51,52		44,54	44,54	

	e) 1.	2.	3.
Gold	29,62	23,70	5,92
Silber	2,78	2,78	
Blei	13,82	9,72	4,10
Antimon	3,82	3,82	
Tellur	49,96	49,96	

Aufser der ersten Varietät von Schrifterz, bei welchem der gefundene Kupfergehalt angegeben ist, hat bei keinem ein wägbarer Kupfergehalt gefunden werden können; eben so waren die Spuren von Eisen und Schwefel, welche sich bei einigen zeigten, ganz gering. Letztere konnten auch von einem Rückhalt von Manganblende herrühren, welche das Weifstellur oft begleitet. Zur Entfernung des Rothmangans und Kalkspaths, mit welchen das Weifstellur meist vorkommt, wurden die möglichst sorgfältig ausgewählten Stücke mit verdünnter Salzsäure bis zur vollkommenen Entfernung beider digerirt.

Als die für die chemische Zusammensetzung des Schrifterzes sowohl als auch des Weifstellurs wahrscheinlichste Formel wurde angenommen $AgTe + 2AuTe^3$, in welcher das Silber mitunter durch Blei und Kupfer und das Tellur durch Antimon ersetzt werden. Sie pafst für alle zusammengenommen noch am besten, und giebt im Ganzen genommen ziemlich günstige Resultate.

Die bei der Angabe der Bestandtheile erscheinende zweite Zahlencolumne giebt die Menge der einzelnen derselben, welche erforderlich wäre, um aus den verschiedenen Varietäten die Verbindung nach der gegebenen Formel hervorzubringen, dann würden die, nach Abzug derselben von dem ersten übrigbleibenden, in der dritten Columne angegebenen Reste als Beimengungen, nicht in chemischer Verbindung befindlich anzusehen seyn.

Diese Meinung bleibt nicht ohne Grund. Die Erfahrung hat gelehrt, dafs bei chemischen Verbindungen die äufseren Eigenschaften, insbesondere in Bezug auf Krystallisation, um so schärfer und charakteristischer erscheinen, je mehr die Verhältnisse der Bestandtheile sich denjenigen nähern, welche die Atomgewichte als zur Darstellung der bestimmten Verbindung angeben. Die Betrachtung der gegebenen Zahlen zeigt, dafs die beiden Varietäten des Schrifterzes, die am deutlichsten krystallisirten und die am deutlichsten theilbaren dieser Species

chrifterz und Rothmangan zu einer gehörig angenom-
:n), den Bestandtheilsverhältnissen der Formel am ge-
usten entsprechen; je mehr die Beimengungen zuneh-
:n desto undeutlicher werden Gestalt und Theilbarkeit,
ı sie endlich ganz verloren gehen.

Den Bleigehalt habe ich nur so weit als in die Mi-
ıung eingehend angesehen, als er zur Vervollständigung
r für die Formel erforderlichen Menge der positiven Me-
le nöthig war, da mit seinem Zunehmen die charakte-
tischen Eigenschaften abnehmen, und daher das Blei der
ı schwierigsten in die Verbindung eingehende Bestand-
:il zu seyn scheint.

Die Schrifterze waren von Offenbànya, das Weifs-
lur von Nagyag in Siebenbürgen, von bekannten Vor-
mmen und mit den bekannten Begleitern.

Gediegen Tellur.

Von diesem Mineral habe ich zwei Varietäten un-
'sucht, eine in Quarz, die andere in Steinmark vor-
mmend.

Die erste gab Tellur mit Spuren von Gold, Eisen
d Schwefel.

Die zweite Tellur 97,215, Gold 2,785 mit Spuren
n Eisen und Schwefel, letztere wahrscheinlich von ein-
mengtem und in der Bergart enthaltenen Schwefelkies
rrührend. Antimon konnte ich in keiner von beiden
den, und somit dient Gegenwärtiges nur um frühere
ıgaben zu bestätigen.

Blättertellur.

Umstände verhinderten mich eine ausführliche Ana-
ıe dieses Minerals vorzunehmen. Nur eine Wägung
d einige flüchtige Versuche habe ich anstellen können,
ren ich, da sie Bezug auf frühere Untersuchungen die-
ı Minerals haben, hier erwähnen will.

Das erhaltene spec. Gewicht war 7,22.

$g=(110)$	$z=(321)$	$s=(111)$	$c=(001)$
$r=(320)$	$h=(210)$	$t=(313)$	$e=(310)$
$p=(101)$	$x=(410)$	$l=(100)$	$u=(710)$

Die berechneten Winkel zwischen den Normalen der Flächen sind:

$ll'=$	90°	0'	$lr=$	33°	41'	$pp'=$	45°	2'
$lg=$	45	0	$cl=$	90	0	$ss'=$	56	52
$lu=$	8	7,8	$cp=$	32	47,3	$pt=$	10	14
$lx=$	14	2	$cs=$	42	20	$zz'=$	20	46
$le=$	18	26	$ct=$	34	10,6	$zz''=$	61	14,8
$lh=$	26	33,9	$cz=$	66	42,3	$pz=$	41	43,3

z ist der Durchschnitt der Zonenkreise pp''', sp'', cr; eben so ist t der Durchschnitt der Zonenkreise pl', ce.

Von den oben erwähnten Krystallen ist der eine eine Combination der einfachen Gestalten mit den Flächen l, g, h, e, p, s, der andere von denen mit den Flächen g, h, e, u, p, s; t wurde von Levy beobachtet (*Déscription d'une collection de mineraux*).

In der vom Prof. Whewell der Universität geschenkten Mineralien-Sammlung findet sich ein Krystall, welcher eine Combination der Gestalten mit den Flächen h, c, r, p, z ist, so wie andere, welche Combinationen von den Gestalten sind mit den Flächen x, p und zuweilen c, l, g, h, e. Unter den letzteren sind mehre Zwillingskrystalle (Taf. I Fig. 12), bei welchen die Flächen cp, $c_i p_i$ alle in einer Zone liegen, und der Winkel zwischen den Normalen von cc_i etwas mehr als 55° beträgt. Wegen Unebenheit der Flächen konnte dieser Winkel nicht genau gemessen werden. Wäre die Zwillings-Ebene parallel einer Ebene v, deren Pole der Durchschnittspunkt der Zonenkreise zz'', cl ist, so würde das Symbol von v gleich (301) werden, $cv = 62° 38',4$ $cc_i = 54° 43',2$. Hienach ist wahrscheinlich die Zwillings-Ebene parallel einer Fläche von der Form (301). Die häufigst vorkommenden Zwillinge sind die von Haidinger beschriebenen (*Edinb. Journ. of Science*, *Vol. III p.*

p. 62). Hr. Brooke maafs die Winkel zwischen den Flächen $ll_{,}$ (Taf. I Fig. 13) bei einem dieser in seiner Sammlung befindlichen Zwillinge, und fand ihn vollkommen übereinstimmend mit der Voraussetzung, dafs die Zwillings-Ebene parallel sey einer der Flächen *p*.

Die Werthe von *cp*, *cs*, hergeleitet aus den beobachteten Werthen von *pl*, *sg*, wie sie von W. Phillips in der dritten Auflage seiner Mineralogie gegeben worden, sind 32° 45′ und 42° 20′. Meine Bestimmung dieser Winkel weicht nur zwei Minuten von der ersteren ab, und stimmt genau mit der letzteren. Unglücklicherweise sind die Figuren, welche die Winkel pp'', ss'' (»*a* gegen *a* über den Scheitel = 90°, *c* gegen *c* über den Scheitel = 109° 47′«) ausdrücken sollen, sehr fehlerhaft, wahrscheinlich durch einen Fehler im Abzeichnen derselben, denn die Fehler (welche in der vierten Auflage unberichtigt blieben) sind zu grofs, als dafs sie Beobachtungsfehler seyn könnten.

XIII. *Untersuchungen über Schwefelwismuth, essigsaures Uranoxyd, traubensaures Natron-Ammoniak und oxalsaure Doppelsalze.*

(Aus den Monatsbericht der Academie. Juli 1842.)

In der Sitzung vom 18. Juli theilte Hr. Mitscherlich mit: die Untersuchung einer neuen Verbindung von Schwefel und Wismuth, welche von Hr. Werther dargestellt worden war, eine Reihe von Doppelsalzen, welche das essigsaure Uranoxyd mit andern essigsauren Salzen bildet, von Hrn. Wertheim, und eigene Beobachtungen über die Krystallform des traubensauren Natron-Ammoniaks und der oxalsauren Doppelsalze.

Hr. Werther hat schöne und gut ausgebildete Kry-

stalle von Schwefelwismuth, welche aus unreinem käuflichen Wismuth sich ausgesondert hatten, untersucht. Das Wismuth löst bekanntlich Schwefelwismuth in jedem Verhältnisse auf. Läfst man eine Auflösung, die etwa aus gleichen Theilen von beiden besteht, erkalten, so krystallisirt zuerst das Schwefelwismuth heraus und das metallische Wismuth kann man abgiefsen. Diese Krystalle enthielten aufser Wismuth etwas Nickel und Kupfer, aber nur so viel Schwefel, dafs die Menge desselben sich zu der, welche im Schwefelwismuth, das dem Oxyd entspricht, enthalten ist, bei gleicher Menge Wismuth wie 2 : 3 verhält. Um diese Verbindung rein zu erhalten, trug er in kochenden Schwefel reines gepülvertes Wismuth ein. Obgleich der Schwefel im Ueberschufs angewandt war, sonderte sich dennoch etwas metallisches Wismuth aus. Das gepülverte Schwefelwismuth schmolz er noch einmal mit Schwefel und steigerte die Hitze, bis die Verbindung vollständig flüssig wurde, welches über einer Spirituslampe aber nicht zu erreichen war. Die Verbindung war krystallinisch, hin und wieder hatten sich einzelne isolirte Krystalle ausgesondert, deren Form ein Prisma von ungefähr 90° war, die Kanten desselben waren durch Flächen ersetzt, die sich auch unter einander ungefähr unter 90° neigten. Ueber der Spirituslampe erhitzt, gab diese Verbindung keinen Schwefel mehr ab. Nach einer Analyse enthielt sie 86,203 Wismuth und 13,813 Schwefel, nach einer andern 86,340 Wismuth und 13,502 Schwefel. Wenn sich der Schwefel dieser Verbindung zu dem der Schweflungsstufe, welche dem Oxyd entspricht, wie 2 : 3 verhält, so hätte die Analyse 86,865 Wismuth und 13,135 Schwefel geben müssen. Es folgt aus der Zusammensetzung dieser Schweflungsstufe, dafs die ältere Annahme von Berzelius, das Wismuthoxyd bestehe aus 2 Atomen Wismuth und 3 Atomen Sauerstoff, die richtige ist.

Das von Duflos untersuchte Doppelsalz von essig-

saurem Uranoxyd und essigsaurem Natron, und ein anderes Doppelsalz von essigsaurem Uranoxyd und essigsaurem Kali, welche schon früher dargestellt worden, veranlafsten Hrn. Wertheim zur Aufsuchung ähnlicher Verbindungen, und es gelang ihm, mit sehr vielen essigsauren Salzen ähnliche Doppelsalze zu erhalten. Diese Salze wurden bereitet, indem zuerst krystallisirtes salpetersaures Uranoxyd durch Hitze so weit zersetzt wurde, dafs eine geringe Menge des Uranoxyds sich zu Uranoxydul reducirte, und darauf wurde der Rückstand in Essigsäure aufgelöst, die filtrirte Auflösung wurde mit der andern Basis versetzt, bis sich etwas Uranoxyd ausschied, und dieses wieder in Essigsäure aufgelöst. Es ist zweckmäfsig und nicht schädlich, wenn von dem andern essigsauren Salze ein kleiner Ueberschufs vorhanden ist. Am besten krystallisiren diese Doppelsalze aus einer etwas sauren Auflösung. Die meisten derselben schiefsen aus einer heifsen concentrirten Auflösung beim Erkalten in gut bestimmbaren Krystallen an. Die Essigsäure wurde nach der bekannten Methode mit Baryterde ermittelt, das Uranoxyd mit Ammoniak gefällt und das Uranoxyd-Ammoniak geglüht, wodurch Uranoxydoxydul erhalten wurde; die Basen wurden nach gewöhnlicher Methode bestimmt, und das Wasser durch Erwärmen des Salzes bis zu einer Temperatur, wobei die Essigsäure nicht zersetzt wurde, welches beim Natron z. B. 250° betrug. Aufserdem wurden die Salze geglüht und der Rückstand gewogen, welcher bei den fixen Basen aus der Basis, verbunden mit Uranoxyd, besteht; der Sauerstoff der Basis verhält sich zum Sauerstoff des Uranoxyds wie 1 : 6. Wasser zieht aus der Kali- und Natronverbindung, selbst durch Kochen, kein Kali und Natron aus, und wenn man das Silbersalz verbrennt, so bleibt Silberoxyd mit Uranoxyd verbunden, zurück. Aus der Zusammensetzung des essigsauren Uranoxyd-Natrons, welches wasserfrei ist und aufserdem gepulvert noch bis

200° erhitzt und darauf geglüht wurde, läſst sich das Atomgewicht des Uranmetalls mit ziemlicher Sicherheit bestimmen. Nach dem Mittel von drei Versuchen beträgt es 740,512. Folgende Doppelsalze sind untersucht worden:

das Kalisalz	$\dot{K}\bar{A} + 2\dddot{U}\bar{A} + 2\dot{H}$
das Natronsalz	$\dot{Na}\bar{A} + 2\dddot{U}\bar{A}$
das Ammoniaksalz	$NH^3\dot{H}\bar{A} + 2\dddot{U}\bar{A} + 6\dot{H}$
das Magnesiasalz	$\dot{Mg}\bar{A} + 2\dddot{U}\bar{A} + 8\dot{H}$
das Zinksalz	$\dot{Zn}\bar{A} + 2\dddot{U}\bar{A} + 3\dot{H}$
das Silbersalz	$\dot{Ag}\bar{A} + 2\dddot{U}\bar{A} + 2\dot{H}$
das Barytsalz	$\dot{Ba}\bar{A} + 2\dddot{U}\bar{A} + 2\dot{H}$.

Die Krystallform des Kali- und Silbersalzes ist ein Quadratoctaëder mit quadratischen Prismen; die Winkel der Krystalle, die etwas von einander verschieden sind, machen es nicht unwahrscheinlich, daſs Silberoxyd und Kali in diesen Salzen isomorph sind.

In einer früheren Abhandlung hat Hr. Mitscherlich schon angeführt, daſs das weinsteinsaure Kali-Natron, $\dot{K}\bar{T} + \dot{Na}\bar{T} + 8\dot{H}$, das weinsteinsaure Ammoniak-Natron, $NH^3\dot{H}\bar{T} + \dot{Na}\bar{T} + 8\dot{H}$, und das traubensaure Ammoniak-Natron, $NH^3\dot{H}\bar{U} + \dot{Na}\bar{U} + 8\dot{H}$, dieselbe Krystallform haben. Das spec. Gewicht des ersten Salzes beträgt 1,74, das des zweiten 1,58, das des dritten gleichfalls 1,58, so daſs also nicht allein bei diesen beiden letzten isomerischen Verbindungen die relative Lage der Atome, sondern auch die Entfernung dieselbe ist. Aus einer concentrirten Auflösung von traubensaurem Natron und traubensaurem Kali, und zwar wenn er letzteres im Ueberschuſs anwandte, erhielt er gleichfalls ein Doppelsalz, welches aus gleichen Atomen beider Substanzen besteht, aber eine verschiedene Krystallform von dem entsprechenden weinsteinsauren Salze hat. In einer früheren Abhandlung und in seinem Lehrbuche hat er schon erwähnt, daſs

die sechs Doppelsalze, welche die oxalsaure Thonerde, das oxalsaure Eisenoxyd und Chromoxyd mit dem oxalsauren Kali und Ammoniak bilden, dieselbe Krystallform haben, so wie die drei, die sie mit oxalsaurem Natron bilden, unter einander isomorph sind. Läſst man eine Auflösung von oxalsaurem Chromoxyd-Kali und Chromoxyd-Natron krystallisiren, so erhält man eine Verbindung, die in Octaëdern krystallisirt. Dasselbe findet Statt, wenn man statt der Chromsalze die Eisenoxydsalze anwendet.

XIV. *Analyse des Seignettesalzes; vom Grafen F. Schaffgotsch.*

Die Zusammensetzung des Seignettesalzes wird in den Lehrbüchern der Chemie durch die Formel

$$\dot{K}\bar{T}+\dot{Na}\bar{T}+10\dot{H}$$ [1])

bezeichnet, und zwar, wie es scheint, auf Grund einer Analyse, welche merkwürdigerweise auch nicht im Entferntesten dazu berechtigt. Diese Analyse, welche J. A. Schultze in Kiel vor siebenunddreiſsig Jahren bekannt machte [2]), beruht auf folgenden Versuchen.

Es wurden 1000 Theile krystallisirtes Seignettesalz in einem eisernen Tiegel verbrannt, der geschmolzene Rückstand in Wasser gelöst und von der Kohle abfiltrirt, die Lösung mit 720 Th. einer 33,9 Proc. reine Säure haltenden Schwefelsäure neutralisirt, zur Trockne eingedampft und das Gewicht des glühend *geschmolzenen, noch warmen* Salzrückstandes =520 Th. gefunden. Da die verbrauchte wäſsrige Schwefelsäure 244 Th. wasser-

1) $\bar{T}=C^4H^2O^5$.

2) Siehe Gehlen's Neues allg. Journal der Chemie, Bd. IV S. 210.

freie Säure enthielt, so kommen auf 1000 Th. Seignettesalz 520 — 244 oder 276 Th. Kali und Natron. Aus diesen Daten berechnet der genannte Chemiker mittelst der bekanntlich ungenauen Richter'schen Neutralitätsverhältnisse die Zusammensetzung des Seignettesalzes. Werden die erwähnten Versuche aber mittelst der heut geltenden Atomgewichte berechnet, so erhält man ein von dem obigen enorm verschiedenes Resultat, welches mit der Formel $8\dot{K}\bar{T} + \dot{N}a\bar{T} + 54\dot{H}$ übereinstimmt, wie die folgende Uebersicht zeigt, dabei $C = 75,85$ angenommen.

	Schultze's Berechnung.	Corrig. Berechnung.	Stöchiometr.	Berechng.
Kali	143	25,40	25,33	8 At.
Natron	133	2,20	2,10	1 -
Weinsäure	413	40,33	39,99	9 -
Wasser	311	32,07	32,58	54 -
Kryst. Seignettes.	1000	100,00	100,00	1 At.

Da die Uebereinstimmung einer Analyse mit einer chemischen Formel noch kein Beweis ihrer Richtigkeit ist, so habe ich die quantitative Zerlegung des Seignettesalzes mit gröfstmöglicher Sorgfalt wiederholt. Es wurden dazu wasserhelle lufttrockene Krystallfragmente genommen, deren wäfsrige Auflösung völlig neutral reagirte, und sich von fremden Beimengungen, namentlich Schwefelsäure und Kalk, ganz frei erwies.

Die Methode der Untersuchung bestand in Einäscherung des gepülverten Salzes, Bestimmung der Basen durch Boraxglas und Bestimmung des Kalis aus der salzsauren Auflösung des eingeäscherten Salzes mittelst Platinchlorids. Das Natron ergab sich aus dem Verlust. Die Weinsäure wurde durch Rechnung gefunden und das Fehlende als Wasser betrachtet.

Da die Einäscherung des Seignettesalzes im verschlossenen Tiegel mit starkem Aufbrausen verbunden ist, so mufste sowohl der Deckel als auch die Wandung des

Tiegels vor dem Zusatz des Boraxglases von den daran gespritzten Tröpfchen des kohlensauren Natronkalis gereinigt und das veränderte Gewicht durch eine neue Wägung bestimmt werden [1]). Das Boraxglas wurde in Pastillen von ungefähr 2 Grm. angewendet.

Versuch I.

a) 0,9245 Grm. kryst. Seignettes. gab. 0,400 Grm. Carbonate
b) 0,3875 - Carbonate gaben 0,249 Kali und Natron.

Versuch II.

a) 1,1145 Grm. kryst. Seignettesalz gaben 0,481 Carbonate
b) 0,468 - Carbonate gaben 0,3015 Kali und Natron.

Versuch III.

a) 1,330 Grm. kryst. Seignettesalz gaben 0,574 Carbonate
b) 0,550 - Carbonate gaben 0,3535 Kali und Natron.

Versuch IV.

1,333 Grm. Seignettesalz gaben 1,126 Chlorplatinkalium

Versuch V.

1,3435 Grm. Seignettesalz gab. 1,173 Chlorplatinkalium.

Aus dem ersten Versuch ergeben sich durch Rechnung $\frac{100 . 0,4 . 0,249}{0,9245 . 0,3875} = 27,80$ Proc. Basen, der zweite Versuch giebt 27,74, der dritte 27,80 Proc. Basen, so dafs die Summe der Alkalien im Mittel 27,78 Proc. beträgt.

Der vierte Versuch giebt 0,2177 Grm. oder 16,32 Proc., der fünfte 0,2268 Grm. oder 16,88 Proc. Kali, woraus als Mittel 16,60 Proc. Kali folgen. Der Natrongehalt ist also $27,78 - 16,60 = 11,18$ Proc. Es erfordern aber 11,18 Th. Natron 23,69 Th. Weinsäure und 16,60 Th. Kali 23,31 Th. Weinsäure, um neutrale Salze zu bilden; somit beträgt die Weinsäure 23,69 + 23,31

1) Weniger bequem ist es in solchen Fällen, den Deckel mit dem feuerflüssigen Boraxglase abzuspülen.

=47,00 Proc., und der Wassergehalt des Seignettesalzes 100—47—27,78=25,22 Procent.

Die folgende Zusammenstellung zeigt, daſs in dem untersuchten Salze die Atome der Alkalien, wie zu erwarten war, in der Gleichzahl vorhanden sind und daſs der Wassergehalt 8 Atome ausmacht:

	Gefunden.	Berechnet.	
Kali	16,60	16,68	1 At.
Natron	11,18	11,05	1 -
Weinsäure	47,00	46,83	2 -
Wasser	25,22	25,44	8 -
Seignettesalz	100,00	100,00.	

Das Seignettesalz schmilzt im Wasserbade zu einer anfangs ziemlich dünnen Flüssigkeit, welche sich rasch verdickt und endlich eine harte Salzmasse hinterläſst. Da aus dieser compacten Masse, wenn sie nicht gepulvert wird, die letzten Antheile des bei 100° C. austreibbaren Wassers nur langsam entweichen, so ist es schwierig, den im Wasserbade eintretenden Gewichtsverlust einer gewogenen Menge des Seignettesalzes unmittelbar zu bestimmen. Doch geschah dieſs dadurch, daſs eine kleine Quantität des Salzes in einem flachen Platinschälchen bis 100° erwärmt, und während des Erstarrens im Wasserbade mit einem tarirten meisselförmigen Platinstäbchen vorsichtig zerkleinert wurde.

Versuch I.

0,2255 Grm. krystallisirtes Seignettesalz verloren bei 100°
0,0425 Grm. oder 18,87 Proc. Wasser.

Hieraus ergiebt sich, daſs das Seignettesalz bei 100° $\frac{3}{4}$ seines Wassers, d. h. 6 At., verliert, so daſs 2 At. zurückbleiben, deren Sauerstoff dem der Alkalien gleich ist.

Zur Bestätigung wurde in einem andern Versuch das

bei 100° getrocknete Salz durch Einäschern und Zusammenschmelzen mit Borax analysirt. (Vergl. S. 266 dieses Bandes.)

Versuch II.

a) 0,779 Grm. getrocknetes Salz gaben 0,413 Grm. Carbonate.

b) 0,3985 - Carbonate gaben 0,257 Grm. Kali und Natron.

Die Summe der Basen beträgt hienach

$$\frac{100 . 0{,}413 . 0{,}257}{0{,}779 . 0{,}3985} = 34{,}2 \text{ Procent,}$$

woraus sich die Summe der wasserfreien neutralen Tartarate zu 91,95 ergiebt, in Uebereinstimmung mit der Formel $\dot{K}\bar{T} + \dot{Na}\bar{T} + 2\dot{H}$.

	Gefunden.	Berechnet.	
Wasserfreies Doppelsalz	91,95	92,14	1 At.
Wasser	8,05	7,86	2 -
Getr. Salz	100,00	100,00	1 At.

Nachschrift. Dieser Aufsatz war bereits zum Druck abgegeben, als ich aus den Berichten der Berliner Academie (Julistück) [1]) ersah, dafs das kryst. Seignettesalz von E. Mitscherlich untersucht worden ist. In sofern wäre die Bekanntmachung meiner Resultate, welche mit denen des genannten Chemikers übereinstimmen, überflüssig, wenn nicht die detaillirte Angabe meiner Versuche einen erwünschten Beleg für die von mir S. 266 dieses Bandes erwähnte analytische Methode abgäbe.

1) Siehe auch S. 484 dieses Hefts.

XV. *Einige Beobachtungen der Temperatur des mittelländischen Meeres; von W. Mahlmann.*

Die geringe Zahl an Beobachtungen der Temperatur des mittelländischen Meeres, welche uns bisher bekannt geworden und welche weit hinter den Erwartungen zurückgeblieben sind, welche man auch für diesen Zweig der hydrographischen Kenntnifs des so eigenthümlich gelegenen Binnenmeeres, insbesondere seit der Besitznahme Algiers durch die Franzosen, bei den zahlreichen Ueberfahrten in einem Zeitraum von zwölf Jahren hegen mochte, gab uns Veranlassung, dazu einen kleinen Beitrag zu liefern, indem wir einige Beobachtungen über die Wärme des adriatischen und tyrrhenischen Meeres anstellten, als wir im verwichenen Jahre das Glück hatten, mit Hrn. Geh. Rath. Link die Ueberfahrten von Triest nach Ve-

Beob. No.	1841. Tag.	Stunde.	Ort.
1	Sept. 15	6 M.	$45^{0}\frac{1}{2}$ N. $10^{0}\frac{1}{4}$ O. v. Paris
2	Oct. 20	$5\frac{1}{2}$ A.	$40^{0}\frac{3}{4}$ N. $11^{0},36$ O. zw. Ischia u. d. Küste
3	- -	$6\frac{1}{2}$ A.	41^{0} N. $11^{0}\frac{1}{2}$ O. Golf von Gaëta
4	- 21	7 M.	42^{0} N. $9^{0}\frac{2}{3}$ O. Gegenüb. v. Ft. Severa
5	- -	$2\frac{2}{3}$ A.	42^{0} N. $9^{0}\frac{1}{2}$ O. Im Haf. v. Civita vecchia
6	- -	7 A.	$42^{0}\frac{1}{3}$ N. 9^{0}. Bei Corneta vor Civita vecchia
7	- -	$8\frac{1}{2}$ A.	$42^{0}\frac{1}{3}$ N. $8^{0}\frac{3}{4}$ O. Vor Promont. Argentaro
8	- -	10 A.	$42^{0}\frac{1}{3}$ N. $8^{0}\frac{2}{3}$ O. Zw. J. Giglio u. Argentaro
9	- 22	7 M.	$43^{0}\frac{1}{2}$ N. 8^{0} O. Rhede v. Livorno
10	- -	$7\frac{3}{4}$ M	- - - - -
11	- -	9 M.	- Im Hafen daselbst.
12	- -	5 A.	- - - -
13	- -	$9\frac{1}{4}$ A.	44^{0} N. $7^{0}\frac{2}{3}$ O. Gegenüb. Carrara u. Massa
14	- 23	$6\frac{1}{2}$ M.	$44^{0}\frac{1}{3}$ N. $6^{0}\frac{1}{2}$ O. Hafen v. Genua
15	- -	$8\frac{1}{2}$ M.	- - - - -

Bemerkungen zu:

1. Wetter heiter. schwacher Wellenschlag.
2. Nur am Horizont Strata. Meer völlig ruhig.
3. - - - - - Meer spiegelglatt, leuchtend.
4. Himmel dicht, viel Cumuli, bedeckt. Meer spiegelglatt.
5. Wenige Cumuli und Cumulo-strat. - -
6. 7. 8. Himmel ganz heiter. Meer spiegelglatt und leuchtend.
9. Am Horizont einzelne Strat. Meer ruhig.
10. Schwache Cirrostrat - -
11. Meer ruhig.
12. Leichte Cum. Strat. und Cum. Schwacher Wellenschlag.
13. Himmel heiter. Meerleuchten. - -
14. Himmel heiter, sanfter Wellenschlag.

dig (No. 1) und von **Neapel nach Genua** (No. 2 bis) zu machen. Das Instrument war ein gutes Grei- r'sches Quecksilber-Thermometer für die Wärmegrade r Luft. Die Beobachtungen wurden mit möglichster rsicht angestellt: besonders wurde der Einfluſs der nne vermieden, und deshalb fast nur Morgens und ends beobachtet, und die Erwärmung des Schiffes nnte nur geringe Wirkung auf die Messungen der ftwärme haben, in Folge der starken Luftbewegung, lche bei Dampfschiffen zu herrschen pflegt, wären die- ben nicht dadurch ganz vermieden worden, daſs wir esmal den passendsten Beobachtungspunkt wählten. ir begnügten uns ferner nicht mit *einer* Messung, son- n die folgenden Zahlen sind gewöhnlich das Mittel s mehreren (fast genau übereinstimmenden) Ablesungen. e Temperatur des Meerwassers ist die mittlere der ersten, gegen einen Fuſs dicken Schicht des Meeres:

Temperatur des Meerwassers.	Temperatur der Meeresluft.	Wind.
20° R.	17°,0 R.	
16,9	17,3	schwach nördlich
17,0	16,8	- -
17,0	15,6	- -
16,6	18,0	- südlich
16,2	16,0	NW.
16,4	16,0	NW.
16,5	16,0	NNW.
	12,5	NO.
15,9	15,0	NO.
15°,6 — 15°,9 R.		
16°,1 R.	15,8	N. mäſsig
16,1	15,6	nördl.
	14,0	Stöſse aus N.
15,9		

Die Extreme der Luftwärme im October waren mit- 12°,5 und 18°,0, Differenz 5°,5 R., die der Mee- temperatur 15°,6 und 17°,0, Differenz 1°,4 R., und, rden hier noch die Beobachtungen in Häfen ausge- lossen, sogar nur 16°,1 und 17°,0, was für einen Brei- -Unterschied von etwa 3 Graden nur 0°,9 R. Tem- raturdifferenz giebt. — Fast an demselben Tage, am . Oct. 1832, beobachtete Bérard zwischen $2\frac{3}{4}^{h}$ und ^{h} Nachmittags in 40° 41′ N. 0° 26′ von O. v. P. 17°,0 17°,5 R. Meerestemp. bei 18°,3 bis 19°,0 R. Luft- rme, eine Uebereinstimmung zeigend mit unserer Mes-

sung am neapolitanischen Küsten-District des tyrrhenischen Meeres, in einem mehr als 12 Längengrade betragenden Abstande, die wahrscheinlich zufällig, jedoch bemerkenswerth ist. — Wenn die Beob. No. 2 bis 4 um die Mitte des Octobers etwa als annähernde Temperatur des Wassers im October (17°,0 R. =21°,2 C.) angesehen werden können, so würde diese die mittlere Wärme der Luft in Neapel, nach vieljährigen Beobachtungen 16°,63 C., ansehnlich übertreffen. Doch ist hiebei zu erinnern, dafs im J. 1841 der Herbst ungewöhnlich warm war. Wir fanden z. B., zu Anfang des Octobers *nach* Sonnenuntergang an einem hellen Abende auf der Strafse von Capua nach Neapel in der Campagna felice (bei Aversa) die Luft 26° R. warm, während die absoluten jährlichen Maxima nach den Beobachtungen auf dem K. Osservatorio in Neapel sich in den letzten 19 Jahren (um die Zeit der gröfsten Wärme) in *dreien* nicht über 25—26° erhoben (das absolute Maximum in diesem Zeitraum ist 30°,5 R.), und doch fallen diese Extreme immer in die drei *Sommer*monate. — Nach Kämtz Verfahren, aus den Beobachtungen in einem Monat die mittlere Jahreswärme auf den grofsen Oceanen abzuleiten (Meteor. Bd. II), würde dieselbe im tyrrhenischen Meere in 40° Br. 15°,8 R. betragen, wenn sie auf dem atlantischen Ocean 11°,6 beträgt, ein Verhältnifs, das mit der Abgeschlossenheit des mittelländischen Meeres gegen die kalten Polarströme gut übereinstimmt, wiewohl solche Berechnungen, ungeachtet der geringen Varietät der Meerestemperatur in mittleren Breiten in der jährlichen Periode (s. Kämtz a. a. O. S. 115) nur Näherungswerthe liefern können.

XVI. *Ueber elektrische Abbildungen. Notiz von G. Karsten.*

Im Repertorium der Physik, Bd. VI S. 180 und folg. beschreibt Hr. Dr. Riefs eine Art von elektrischen Figuren, welche er elektrische Hauchfiguren nennt. A

schönsten erhielt ich diese Figuren, wenn ich eine Franklin'sche Tafel, deren einer Beleg beweglich war, lud, und nach Entfernung des Beleges entlud; wo dann die durch die Lichterscheinung sichtbar gewesene Zeichnung sich nach dem Anhauchen wieder zeigte. Einige Stellen hatten also durch die Einwirkung der Elektricität die Eigenschaft erhalten, von Wasserdämpfen unbenäfst zu bleiben. Die Analogie dieser Figuren mit den Moser'schen Bildern schien mir so grofs, dafs ich Versuche zur Erzeugung solcher Bilder auf elektrischem Wege vornahm. Zu dem Ende legte ich eine Münze auf Spiegelglas, dafs seinerseits auf einer abgeleiteten Metallplatte ruhte, und liefs aus dem Conductor der Maschine Funken in die Münze schlagen, die zugleich von dieser nach der Metallplatte überschlugen. Nach hundert Umdrehungen der Maschine (deren Scheibe 20″ Durchmesser hat) entfernte ich die Münze; die Glastafel erschien durchaus unverändert, beim Behauchen aber kam der vollständige Abdruck der Münze bis in die kleinsten Details zum Vorschein [1]).

Es folgten nun folgende Fragen: Ist das entstehende Bild durch noch an der Glastafel haftende Spuren von Elektricität gebildet? Ist es auf die Mosersche Weise, d. h. durch Licht, entstanden? Kann man gleiche Bilder auch auf Metall erhalten? Welches sind die Bedingungen des Gelingens der Bilder? Auf welche Weise sind die Bilder zu fixiren?

Die erste Frage mufs ich entschieden verneinend beantworten; auf der Glastafel sind zwar unmittelbar nach dem Elektrisiren Spuren von Elektricität enthalten; durch Abwischen mit einem Tuche oder durch einige Zeit langes Niederlegen verschwindet diese Spur aber gänzlich, und

1) Ich kann diefs aus eigner Anschauung bestätigen, und noch hinzufügen, dafs die erhabenen Theile der Münzen in den Hauchfiguren beim Durchsehen mit dunklerer, beim Daraufsehen mit hellerer Schattirung als die übrigen erscheinen. P.

das Bild ist in grofser Schärfe sichtbar; ja selbst durch starkes Abreiben, Erwärmen und Behauchen ist es schwer jede Spur des Bildes zu verwischen, was bei den Versuchen oft hinderlich ist. Ein anderer Grund gegen die Annahme, dafs Spuren von Elektricität haften geblieben seyn könnten, ist der, dafs die Bilder nicht geschwächt werden oder gar aufhören, wenn man die entgegengesetzte Elektricität einströmen läfst, wie denn überhaupt beide Elektricitäten genau dieselbe Wirkung haben.

Am entscheidendsten aber ist der Umstand, dafs ich auch auf polirten Metallplatten Bilder erhalten habe (wenn auch mit besonderen Vorsichtsmafsregeln, wie ich nachher zeigen werde); wo also von anhaftender Elektricität nicht die Rede seyn kann. Noch vorhandene Elektricität ist also nicht die Ursache der Bilder.

Etwas anderes aber ist es mit der Frage, ob sie ihre Entstehung Einwirkungen verdanken, die mit den Moser'schen Bildern übereinstimmen, oder ob sie einer eigenthümlichen Wirkung der Elektricität zugeschrieben werden müssen. Gegen die erste Ansicht streitet, dafs der Procefs in ungemein kurzer Zeit im Verhältnifs zu dem vor sich geht, durch welchen die Moser'schen Bilder hervorgebracht werden. Wenige Umdrehungen genügen, um die Umrisse der Medaillen auf dem Glase darzustellen, und die Zeit, welche zu 300 Umdrehungen erforderlich ist, als das Quantum, durch welches man Bilder auf Metallplatten erhält, ist vergleichungsweise nur höchst unbedeutend.

Wollte man einwenden: die Intensität des Lichtes sey so bedeutend, dafs die kurze Zeit hinreichend sey, um Bilder zu erhalten, so steht dem entgegen, dafs man durch die Schläge der Batterie kein so vollkommenes Bild erhält, obgleich die Intensität des Lichtes ohne alle Frage viel bedeutender ist. Ferner isolirte ich die Medaille durch Siegellack und entfernte sie 1 Linie weit von der Glasplatte, die Funken schlugen vom Rande der Medaille unmittelbar in das Metallblech; nichts desto-

eniger erhielt ich ein Bild, ohne dafs auch nur eine ichterscheinung, selbst im Dunkeln, zwischen der Meiille und der Glastafel sichtbar geworden wäre.

Es könnte also nur von den sogenannten dunkeln ler von den unsichtbaren Lichtstrahlen die Rede seyn, ›er auch von diesen ist keine so intensive Wirkung ›kannt, und man müfste also voraussetzen, dafs in dem ektrischen Lichte oder dem elektrischen Fluidum die rt der Strahlen, welche die in Rede stehenden Veränerungen der Oberfläche hervorbringen, besonders und ›rzugsweise enthalten wären; da aber eine solche Anıhme vorläufig nicht weiter gerechtfertigt ist, so mufs an wohl vor der Hand die Wirkung als eine der Elekicität eigenthümliche betrachten.

Ueber die Bedingungen des Gelingens der Bilder ınn ich für jetzt Folgendes festsetzen. Erstens scheint on der Beschaffenheit des Glases viel abzuhängen; auf ickem Glase werden die Bilder eben so deutlich wie ıf dünnem, aufser wenn man auf beiden Seiten der Glasıfel Münzen anbringt, die sich dann wie die Belege eier Tafel verhalten. Mit dünnen Tafeln kann man viele chichten übereinanderlegen, und erhält zwar stets abehmend schwache, aber doch noch immer erkennbare ilder der Münze. Anders verhält es sich mit der cheischen Beschaffenheit des Glases; unter sonst gleichen edingungen habe ich auf verschiedenen Gläsern sehr ›rschiedene gute Bilder erhalten. Ob der Knopf des onductors die Münze berührt oder ob Funken zur ünze überschlagen, scheint gleichgültig zu seyn. Dagen fördert es sehr die Genauigkeit der Abbildung, enn aus der Münze Funken nach dem äufsern Metallech überschlagen können; in den Fällen, wo die Elekcität langsam aus der Münze entwich, waren die Bil›r undeutlich.

Auf Metallplatten erhielt ich die Bilder am besten, enn ich zwischen der Münze und der Platte ein geöl› *Papier anbrachte*, und so den Uebergang der Elek-

tricität etwas verzögerte, doch entstanden auch bei unmittelbarer Berührung der Münze Bilder. Ob die metallische Beschaffenheit der Münze von Einfluſs ist, wage ich nicht zu entscheiden, doch scheinen die aus besseren Leitern verfertigten auch bessere Bilder zu geben. Wie schon angeführt, bringen starke Schläge mittelst einer Flasche oder Batterie nicht dieselbe Wirkung hervor wie einzelne Funken, wenigstens muſs man eben so viel Umdrehungen bei einer Batterie und mehr bei einer Flasche anwenden, um dieselbe Deutlichkeit des Bildes zu erhalten. Es kann dies verschiedene Ursachen haben, theils bleibt in der Flasche sowohl als in der Batterie ein Rest; man hat also nicht die gleiche Elektricitätsmenge; theils aber wird die Wirksamkeit der Maschine geschwächt, je näher die Flasche oder Batterie der Ladung ist. Positive oder negative Elektricität scheinen gleich wirksam zu seyn, doch habe ich hierüber noch zu wenig Versuche gemacht.

Was das Fixiren der Bilder betrifft, so ist mir dieſs bis jetzt nur sehr unvollkommen gelungen. Die Bilder auf den Glastafeln kamen zwar durch Quecksilber- und Jod-Dämpfe zum Vorschein, verschwanden jedoch gleich nach dem Abnehmen von dem Apparate. Die Bilder auf Metall werden zwar durch Jod- und Quecksilber-Dämpfe fixirt, aber nicht gleichmäſsig und deutlich, was aber bis jetzt theils an der ungeschickten Behandlung, theils an dem Ungenügenden der Apparate liegen mag.

Daſs man, um die Bilder auf Metall genügender zu erhalten, einen schwachen Isolator einschalten muſs, führte auf den Gedanken, durch den galvanischen Strom die Erzeugung der Bilder zu versuchen, doch habe ich bis jetzt kaum Spuren von Abbildungen erhalten; indessen werden bei zweckmäſsiger Behandlung auch hier gewiſs Resultate erhalten werden.

Sollten sich im Verlaufe der Untersuchungen neue *Resultate* ergeben, so behalte ich mir darüber fernere *Mittheilung* vor.

1842. ANNALEN №. 12.
DER PHYSIK UND CHEMIE.
BAND LVII.

I. *Ueber die Pfeifen mit häutigen Wänden. Eine akustische Untersuchung*
von Dr. Karl Friedr. Sal. Liskovius *in Leipzig.*

Lange schon wufste man, dafs Waldhörner, Trompeten, Posaunen und metallene Labialpfeifen, sobald ein Theil ihrer Wandung so dünn ist, dafs er nach Art einer gespannten Haut schwingen kann, andere Töne geben, als ihnen ihren Dimensionen nach zukommen.

Hr. Felix Savart nun entdeckte, dafs Labialpfeifen mit häutiger Wandung ebenfalls andere, und zwar — seiner Erfahrung nach — tiefere Töne geben, als ihnen ihren Dimensionen nach zukommen. Eine sehr dankenswerthe Bereicherung für die Akustik. Ja auch für die Physiologie der Stimme ist diese Entdeckung vielversprechend. Die Ergebnisse seiner Forschungen hierüber theilte er mit in einer Abhandlung über die menschliche Stimme, in den *Annales de chimie et de physique, par MM.* Gay-Lussac *et* Arago, *T. XXX*, 1825, *p.* 64 bis 87.

Da finden sich aber folgende Widersprüche:

Nach Seite 74 oben ist bei Pfeifen mit elastischen Wänden, wenn die elastischen Wände straff gespannt sind, der Ton fast so hoch (also doch tiefer), als er bei starren Wänden seyn würde; und, vermindert man nach und nach die Spannung der Wände, so sinkt, wie die Spannung nachläfst, der Ton immer mehr und wohl über zwei Octaven herab; ja, der Einflufs der Wände auf die Anzahl der Schwingungen ist, nach Seite 73 unten und 74 oben, so grofs, dafs es scheint, als lasse sich dadurch der Ton in's Unendliche vertiefen.

Dagegen nach S. 85 (bei der Menschenstimme, die

er eben nach der Analogie membranöswandiger Labialpfeifen zu erklären sucht) vermehrt die Röhre mit den membranösen Wänden nicht die Anzahl der Töne, sondern sie verstärkt nur die tieferen, und, so oft die ausdehnbaren Theile die zu dem beabsichtigten Tone erforderliche Spannung nicht annehmen können, so entstehen die Töne unabhängig von der in der Röhre befindlichen Luft.

Das widerspricht sich dermafsen, dafs von den darin enthaltenen Gedanken immer einer den anderen verneint. Denn, wenn, nach Seite 74 oben, der Ton der Pfeife bei straff gespannten Wänden, fast so hoch, also doch tiefer, als bei steifen Wänden, ist, und mit abnehmender Spannung der Wände immer mehr, wohl über zwei Octaven, herabsinkt, so ist das nicht blofs eine Verstärkung, sondern allerdings eine Vermehrung, eine beträchtliche Vermehrung der tieferen Töne. Geht nun, nach Seite 73 unten und 74 oben, diese Vertiefung durch Erschlaffen der Wände gar in's Unendliche, so kann niemals der Fall eintreten, dafs die Pfeife irgend einen Ton, wegen unzureichender Spannung der Wände, von diesen unabhängig erzeugt, sondern, bei jeder auch noch so geringen Spannung der Wände, müssen diese den Ton der Pfeife vertiefen, und zwar gerade desto mehr, je geringer die Spannung ist. Und wiederum, wenn, nach Seite 85, der Fall eintreten kann, dafs gewisse Töne, wegen unzureichender Spannung der Wände, von diesen unabhängig entstehen, so geht diese Vertiefung durch Erschlaffen der Wände nicht in's Unendliche, wie es doch, nach Seite 73 unten und auch wiederum nach Seite 74 oben, der Fall seyn sollte. Wenn endlich gar, nach Seite 85, die Röhre mit den ausdehnbaren Wänden die Anzahl der Töne nicht vermehrt, sondern nur die tieferen verstärkt, so fällt die angebliche Entdeckung von der tonvertiefenden Eigenschaft membranöser Pfeifenwände ganz und gar weg.

Zu diesen Widersprüchen kommen aber auch noch :trächtliche Lücken, indem Hr. S. mehrere wichtige ınkte theils zu wenig, theils gar nicht berücksichtigt t. Will man nun hier zur Wahrheit gelangen, und so die Widersprüche berichtigt und die Lücken ausgellt sehen, so muſs man das Ganze von Neuem unterchen, und sich dabei folgende Fragen vorlegen.

A. Zur Berichtigung der Widersprüche.

1) Tönt eine Labialpfeife mit membranöser Wanng tiefer, als bei durchaus starrer Wandung und übrins gleichen Umständen?

2) Tönt eine Labialpfeife mit membranöser Wanng desto tiefer, je schlaffer die Membran?

3) Geht diese Vertiefung durch Erschlaffen der Meman bis über zwei Octaven?

4) Geht diese Vertiefung durch Erschlaffen der Meman in's Unendliche?

5) Oder kann der Fall eintreten, daſs eine Labialeife mit membranöser Wandung, wegen unzureichenr Spannung der Membran, von dieser unabhängige Töne zeugt?

6) Oder bewirkt die Membran gar keine Tonverfung?

B. Zur Ausfüllung der Lücken.

7) Wenn die Vertiefung durch Erschlaffen der Meman zwar stattfindet, aber nicht in's Unendliche geht: elcher Grad der Erschlaffung ist dann die Gränze der ertiefung?

8) Wenn die Erschlaffung diese Gränze überschreit: wie ist dann überhaupt das Verhalten der Pfeife?

9) Tönt eine Labialpfeife mit membranöser Wanng allemal tiefer, niemals eben so hoch oder höher, s bei durchaus starrer Wandung und übrigens gleichen mständen?

10) Wie verhält sich dabei die Stimmung der Membran oder der mehreren Membranen in der Pfeifenwandung?

11) Ist die Stimmung der Membranen in und aufser der Verbindung mit der Pfeife, bei unveränderter Spannung, auch verschieden?

12) Wenn das ist, wie verhält sich die Stimmung membranöswandiger Pfeifen und ihrer membranösen Wandung zu der Stimmung der Membran oder der mehreren Membranen an und für sich, und zu der Stimmung der Pfeifen bei durchaus starrer Wandung und übrigens gleichen Umständen?

13) Macht, bei einer gegebenen Stimmung der Membranen an und für sich, auch die gröfsere oder kleinere Masse der Membran einen Unterschied in der Umstimmung der Pfeife, und welchen?

14) Machen die kurzen und die langen Pfeifen einen Unterschied dabei, und welchen?

15) Machen die Labial- und die Zungenpfeifen einen Unterschied dabei, und welchen?

Zur Beantwortung dieser Fragen stellte ich folgende Versuche an.

Ich liefs mir von einem Orgelbauer eine Anzahl Labialpfeifen verfertigen, und zwar für's Erste sechs vierseitig prismatische, alle 9 Par. Zoll lang (vom Labium bis zum Ausgange gerechnet) und 18 Linien breit, nach Hrn. Savart's eigener Angabe.

No. 1 ganz von Holz.

No. 2 die untere Hälfte der Labialseite und das Labium selbst von dünnem Pergament, das Uebrige von Holz. Der untere Rand der Membran frei (als Labium), die übrigen drei Ränder angeleimt.

No. 3 die obere Hälfte der Labialseite von dünnem Pergament, das Uebrige von Holz. Der obere Rand der Membran frei, die übrigen drei Ränder angeleimt.

No. 4 die ganze obere Hälfte des Rohres auf allen 4 Seiten von dünnem Pergament, nur mit dünnen höl-

ernen Ecken unterstützt, das Uebrige ganz von Holz. ede der vier Membranen an ihrem oberen Rande frei, iit den übrigen drei Rändern angeleimt.

No. 5 die ganze untere Hälfte des Rohres auf allen ier Seiten, und das Labium selbst, von dünnem Perament, nur mit dünnen hölzernen Ecken unterstützt, das Jebrige ganz von Holz. Der untere Rand der vorderen Iembran frei (als Labium), alle übrigen Ränder der vier Iembranen angeleimt.

No. 6 das ganze Rohr auf allen vier Seiten, und as Labium selbst, von dünnem Pergament, nur mit dünen hölzernen Ecken unterstützt, das Uebrige ganz von Iolz. Der obere und untere Rand der vorderen Memran frei (letzterer als Labium), alle übrigen Ränder er vier Membranen angeleimt.

Die erste gebrauchte ich, um zu sehen, welche Tonöhe der schwingenden Luftmasse an und für sich, zulge ihrer Dimensionen, zukomme, und zu vergleichen, ie diese Tonhöhe zu der der Pergamentpfeifen sich veralte. Bei den Pergamentpfeifen untersuchte ich allemal en Ton, welchen das Pergament beim Anschlagen, und en Ton, den die Pfeife beim Anblasen gab, um das genseitige Verhältnifs beider zu beobachten. Der Kürze egen nenne ich den Grundton der Pfeife, beim Anblan, Blaston, und den Grundton der Membran, beim nschlagen, Schlagton. Beide, den Schlagton und den laston, untersuchte ich allemal erst bei trocknem, dann i mehr oder minder benetztem Pergamente, und in beirlei Fällen erst bei ungedackter, dann bei gedackter eife. Sämmtliche Untersuchungen wiederholte ich öfrs. Die Ergebnisse folgen nach den Nummern der eifen. Die Angaben der Tonhöhe sind nach Kammern zu verstehen. Das Pluszeichen (+) bedeutet *überhwebend*, das Minuszeichen (—) *unterschwebend*.

No. 1 *ein*gestrichen *h*. (Nach Hrn. S. zweigestrien *d*, re_4.)

No. 2. *Ist die Pfeife* offen, und die Membran trok-

ken und unberührt, so ist der Blaston und der Schlagton eingestrichen *d*.

Trockner Sand oder geraspeltes Elfenbein auf die (horizontal und aufwärts gehaltene) Membran gestreut, flüchtet, bei dem Anblasen der Pfeife, wie auch bei dem Anschlagen an die Membran, nach dem oberen Rande und nach den oberen Theilen der beiden Seitenränder, und häuft sich dort an.

Drückt man das Pergament in seiner Mitte (mit einer Fingerspitze), so ist der Blaston eingestrichen *g*. Rückt man den Druck von der Mitte nach irgend einem Punkte eines der vier Ränder, gleichviel, ob auf-, ab- oder seitwärts, so sinkt die Stimmung allmälig von eingestrichen *g* bis eingestrichen *d*. Rückt man den Druck von irgend einer Stelle der vier Ränder bis zur Mitte, so steigt die Stimmung allmälig von eingestrichen *d* bis eingestrichen *g*. Aufgestreuter Sand häuft sich theils an dem oberen Rande und den oberen Theilen der beiden Seitenränder, theils um den drückenden Körper. Der Schlagton ist dabei immer dem Blastone gleich, das Anschlagen an die Membran geschehe um die Druckstelle herum, wo man wolle; ist der Druck zwischen der Mitte und dem Rande, so geschah das Anschlagen auf der schmalen oder auf der breiten Seite der Membran, der Schlagton ist auf beiden Seiten einerlei, und einerlei mit dem Blastone.

Drückt man die Membran auf *zwei* Punkten, sie mögen noch so verschiedentlich gelegen seyn, nur nicht ganz nahe am Rande oder ganz nahe an einander, so ist die Stimmung eingestrichen *a*. Rückt man beiderlei Druck dem Rande zu, so sinkt die Stimmung allmälig von eingestrichen *a* bis eingestrichen *d*. Rückt man beiderlei Druck dem Mittelpunkte der Membran zu, und vereint ihn da, so sinkt die Stimmung allmälig von eingestrichen *a* bis eingestrichen *g*.

Drückt man eine Hälfte der Membran, es sey die

obere oder die untere Hälfte, eine seitliche oder eine schiefe (mittelst Diagonaltheilung), so ist die Stimmung eingestrichen *g*. Drückt man drei Viertheile der Membran, so ist die Stimmung eingestrichen *a*. Drückt man die ganze Membran, so ist die Stimmung eingestrichen *h*. Verbreitet man den Druck von irgend einer Randstelle an auf die ganze Membran, so steigt die Stimmung allmälig von eingestrichen *d* bis eingestrichen *h*.

Gedackt giebt die Pfeife bei unberührter Membran ungestrichen *gis*, bei dem Drucke im Mittelpunkte der Membran ungestrichen *b*, bei dem Drucke an zwei Punkten ungestrichen *h*, bei dem Drucke einer Hälfte ungestrichen *b*, bei dem Drucke dreier Viertheile ungestrichen *b*, etwas überschwebend, bei dem Drucke auf die ganze Membran ungestrichen *h*. Bei dem Rücken des Druckes geschieht der Uebergang der Stimmung ebenfalls allmälig.

Durch längeres oder öfteres Drücken, desgleichen auch durch öfteres Schlagen des Pergaments wird die Stimmung in allen obigen Fällen, nur nicht das *h* beim Bedecken des Pergaments, um einen halben bis ganzen Ton erhöht, doch nur auf einige Minuten.

Benetzt man das Pergament mit Wasser, so wird die Stimmung von Augenblick zu Augenblick immer tiefer und tiefer, und sinkt in wenig Augenblicken gegen eine Quinte. Dann aber spricht die Pfeife gar nicht mehr an.

Durch längeres oder öfteres Einblasen des Athems wird die Stimmung gegen eine Quarte tiefer, aber nur auf einige Minuten. Bei nasser Witterung wird die Stimmung gegen eine grofse Terz tiefer, wenn auch die Pfeife in einem unbewohnten, vorzüglich trockenen Zimmer, und bei verschlossenen Thüren und Fenstern aufbewahrt wird.

No. 3. Ist die Pfeife offen, und die Membran trokken und unberührt, so ist der Blaston und der Schlagton eingestrichen *d*. Wird der Rand des Pergaments,

am Ausgange der Pfeife, ein wenig einwärts gebogen, so ist der Blaston und der Schlagton eingestrichen *d*. Ist die Pfeife sieben Achtel (des Calibers) gedackt, so ist der Blaston und der Schlagton eingestrichen *c*. Ist sie ganz gedackt, so ist der Blaston und der Schlagton klein *f*.

Drückt man das Pergament in seiner Mitte mit einer Fingerspitze, so ist der Blaston eine kleine Terz höher, nämlich eingestrichen *as*. Rückt man den Druck auf- oder abwärts, so wird der Blaston in beiden Fällen immer tiefer. Ist der Druck nahe am oberen oder unteren Rande des Pergaments, so ist der Blaston eingestrichen *f*, wie ohne Druck. Der Schlagton ist dabei immer derselbe, wie der Blaston, und zwar ober- und unterhalb des Druckes. Die Sandversuche verhalten sich wie bei No. 2.

Bedeckt man das ganze Pergament mit den Fingern, so giebt die Pfeife, angeblasen, eingestrichen *h*, wie No. 1,

Durch längeres oder öfteres Drücken des Pergaments und durch öfteres Schlagen desselben wird der Ton in allen diesen Fällen, nur nicht das *h* beim Bedecken des Pergaments, um einen halben oder ganzen Ton erhöht, aber nur auf einige Zeit.

Benetzt man das Pergament mit Wasser, so wird der Ton von Augenblick zu Augenblick immer tiefer und tiefer, aber auch zugleich immer schwächer und dumpfer und sinkt in wenigen Augenblicken gegen eine Quinte. Dann aber auf einmal giebt die Pfeife nichts weiter an, als zweigestrichenes *c*, aber sehr heiser.

Bedeckt man nun das ganze Pergament mit den Fingern, so giebt die Pfeife, angeblasen, wieder das helle eingestrichene *h*, wie No. 1.

No. 4. Trocken und ungedackt: Schlagton auf allen vier Seiten und auch der Blaston *a*. Gedackt: Schlagton auf allen vier Seiten und auch der Blaston *A*. Beide Töne aber sehr schwach und dumpf. Benetzt man ein Pergament, so wird der Ton einen halben bis ganzen

Ton tiefer, aber immer leiser. Benetzt man alle vier Pergamenttafeln, so wird der Ton von Augenblick zu Augenblick immer tiefer bis gegen eine Quinte. Dann aber auf einmal giebt die Pfeife nichts weiter an, als zweigestrichenes *d*, sehr heiser.

No. 5. Trocken und ungedackt: Schlagton auf allen vier Seiten und auch der Blaston *e*. Gedackt: Schlagton auf allen vier Seiten und auch der Blaston *H*. Beides, *e* und *H*, sehr schwach und dumpf.

Durch öfteres Anschlagen der Membran wird jenes *e* und *H* um einen halben oder ganzen Ton erhöht, durch öfteres Blasen aber nicht nur auf die vorige Tonhöhe zurück, sondern auch noch einen halben bis ganzen Ton darunter gebracht.

Benetzt man die Membranen, so sinkt der Ton schnell gegen eine groſse Terz, verschwindet dann ganz, und die Pfeife spricht nicht mehr an.

No. 6 spricht auf das Blasen gar nicht an. Der Schlagton ist hier an der vorderen Membran *A*, an der hinteren *gis*, an der rechten *c*, an der linken *d*, alle vier sehr dumpf und schwer zu unterscheiden.

Auffallend ist bei diesen Versuchen die Uebereinstimmung des Schlagtons mit dem Blastöne bei so verschiedener Behandlung des Pergaments und der übrigen Pfeifenröhre. Auffallend ist diese Uebereinstimmung schon bei den beiden einhäutigen Pfeifen *N*. 2 und 3, noch auffallender aber bei den beiden vierhäutigen *N*. 4 und 5. Denn hier sind die vier Membranen, bei gleicher Gröſse und Dicke, in sehr verschiedener Spannung aufgeleimt, eine sehr straff, eine andere wieder sehr schlaff, und doch geben sie alle vier einerlei Schlagton, und diesen wieder übereinstimmend mit dem Grundton, den die Pfeife beim Anblasen giebt.

Wir sehen ferner, daſs der Ton, den die Pfeife ohne Membran hat (siehe No. 1), durch die Membran abgeändert wird. Wir sehen aber auch, daſs anderer-

seits der Ton der Membran, und, bei den vierhäutigen Pfeifen, der Ton aller vier Membranen durch die Pfeife abgeändert wird. Denn anders ist der Membranton bei offener, anders bei theilweiser, anders bei ganz gedackter Pfeife.

Aus dem Allen ergiebt sich, dafs, bei solchen theilweise mit Membran besetzten Labialpfeifen, die Luftsäule und die Membranen die verschiedenen Geschwindigkeiten in der Nacheinanderfolge der Schwingungen, welche jedes für sich allein anzunehmen strebt, unter einander ausgleichen, und eine gemeinschaftliche Geschwindigkeit zusammen annehmen.

Wir haben also 1) *die eigenthümliche Stimmung der Pfeife*, bei durchaus starren Wänden; 2) *die eigenthümliche Stimmung der Membranen*, bei ihrer Absonderung von der Pfeife; 3) *die gemeinschaftliche Stimmung der Pfeife und der Membranen*, bei ihrer gegenseitigen Verbindung.

Soll nun ein bestimmteres Resultat aus diesen Untersuchungen hervorgehen, so ist es nicht genug, die gemeinschaftliche Stimmung mit der eigenthümlichen der Pfeife zu vergleichen, sondern auch die eigenthümliche der Membranen mufs in den Vergleich gezogen werden; man mufs erforschen, wie die gemeinschaftliche sich verhält, je nachdem die eigenthümliche der Membranen entweder mit der eigenthümlichen der Pfeife gleich, oder wenn dieses oder jenes Intervall über oder unter ihr ist.

Es ist zwar vorauszusetzen:

1) wenn die eigenthümlichen Stimmungen gleich sind, wird auch die gemeinschaftliche dieselbe seyn;

2) wenn die gemeinschaftlichen Stimmungen ungleich sind, wird die gemeinschaftliche dazwischen liegen;

3) je weiter die eigenthümlichen Stimmungen von einander entfernt sind, desto weiter wird die dazwischenliegende gemeinschaftliche von ihnen entfernt seyn;

4) je gröfser bei einer gegebenen ungleichen Stim-

mung die Masse der Membranen ist, desto näher der eigenthümlichen Stimmung der Membranen und desto entfernter von der eigenthümlichen der Pfeife wird die gemeinschaftliche seyn;

5) je kleiner, bei einer gegebenen ungleichen Stimmung, die Masse der Membranen ist, desto näher der eigenthümlichen Stimmung der Pfeife, und desto entfernter von der eigenthümlichen der Membranen wird die gemeinschaftliche seyn.

Das alles ist zwar vorauszusetzen. Sicherer aber ist, es zu versuchen.

Zu diesem Behufe bedarf es membranöswandiger Labialpfeifen von verschiedener Länge, so eingerichtet, dafs die membranösen Wände, ihrer Spannung unbeschadet, aus der Pfeife herausgenommen, hier durch starre Wände ersetzt, und dann die Membranen, jede für sich, so wie auch die Pfeifen, jede für sich, rücksichtlich ihrer Stimmung, untersucht werden können.

Und damit die Membranen in irgend einer Stimmung so lange erhalten werden können, als zu solchen ausführlicheren und genaueren Versuchen nöthig ist, so darf das Anblasen der Pfeifen nicht mittelst des Mundes geschehen, weil durch die Feuchtigkeit des Athems die Spannung und Stimmung der Membranen gar zu veränderlich wird.

Ich liefs mir daher folgenden Apparat machen.

1) Eine hölzerne vierseitige Labialpfeife in zweigestrichenem *c* Kammerton. Ihr Kanal ist 6 Zoll $4\frac{1}{4}$ Lin. Par. Maafs lang, und auf zwei Seiten 2 Zoll 10 Linien, auf den andern beiden Seiten 3 Zoll breit. Diese Breite war nöthig, wegen des Folgenden. Zwei Wände sind so eingerichtet, dafs sie, jede allein, herausgenommen und winddicht wieder eingesetzt werden können.

2) Zwei andere in die Stellen jener beiden winddicht passende Wände aus länglich viereckigem, in Rahmen geleimtem Pergamente, so, dafs sie, jede von der

anderen und von der Pfeife abgesondert, hinsichtlich ihrer Stimmung, geprüft werden können.

3) Vierzehn hölzerne Röhrenaufsätze, so, dafs die Holzpfeife abwechselnd die diatonische Tonleiter von $\bar{\bar{c}}$ bis *c* herab gestimmt werden kann, und also für funfzehn Pfeifen hiebei dient.

4) Ein Orgelgebläse, bestehend aus einem Blasebalge, einem Gestelle und einem Windkanale, in dessen Seitenöffnungen Pfeifen eingesetzt werden können.

Von den funfzehn Tönen der Holzpfeife gebrauchte ich hier nur den obersten, mittelsten und untersten, $\bar{\bar{c}}$, $\bar{c}$, *c*, weil diese zur Lösung der Aufgabe vollkommen hinreichen.

Jeden Versuch machte ich erst mit einer, dann mit zwei Membranen, und in beiden Fällen erst ungedackt (mit offenem Ausgangsende), dann gedackt (mit bedecktem Ausgangsende).

Die Benennung *Grundton* ist hier nicht im musikalischen, sondern im akustischen Sinne zu nehmen, und bedeutet den tiefsten Ton eines tönenden Körpers, bei seiner einfachsten Schwingung, im Gegensatze der Aliquottöne, bei seiner Schwingung in aliquoten Theilen, oder auch im Gegensatze derjenigen Töne, welche entstehen, wenn man denselben Körper nur in Einem Theile schwingen läfst.

Ergebnisse dieser Versuche.

Eigenthümlicher Grundton der Pfeife:		$\bar{\bar{c}}$	$\bar{c}$	*c*
Eigenthümlicher Grundton der ersten Membran		*e*	*e*	*c*
Gemeinschaftlicher Grundton der Pfeife und der ersten Membran	ungedackt:	$\bar{d}$	*a*	*c* sehr matt
	gedackt:	*as*	*e*	spricht gar nicht an
Eigenthümlicher Grundton der zweiten Membran:		*e*+	*e*+	*e*+
Gemeinschaftlich. Grundton der Pfeife *und beider* Membranen	ungedackt:	$\bar{c}$	*g*+	*c* sehr matt
	gedackt:	*g*	*d*+ matt	spricht gar nicht an

Obige fünf Voraussetzungen finden also in diesen letzteren Versuchen ihre Bestätigung.

Versuche mit den beiden Membranen dieser Pfeife für sich allein, ohne die Pfeife:

Aufgestreuter Sand macht keine Figuren, ich mag die Membranen halten wo ich will, sie schlagen wo ich will, und aufserdem berühren und drücken wo ich will, oder auch sie gar nicht weiter berühren.

In der Mitte gedrückt, giebt ringsherum $\bar{e}$. Mittelwegs zwischen dem Mittelpunkte und dem Rande gedrückt, giebt auf der schmaleren Seite $\bar{\bar{e}}$, auf der breiten *h*. Die Durchmesser mögen nach der Länge, der Quere oder schief (diagonal) genommen werden, die Resultate sind dieselben. Rückt man den Druck von irgend einem Randtheile allmälig bis zum Mittelpunkte, so steigt der Ton allmälig (d. h. durch die kleinsten Tonunterschiede hindurch) bis zur nächst höheren Octave. Rückt man den Druck vom Mittelpunkte allmälig bis zu irgend einem Randtheile, so sinkt der Ton allmälig von der nächst höheren Octave auf den Grundton.

Rückt man den Druck allmälig von einem Randtheile bis zum entgegengesetzten, durch einen ganzen Durchmesser hindurch, über die Membran hin, so gehen, beim Anschlagen, alle Tonveränderungen allmälig.

Die Hälfte der Membran gedrückt, giebt *e* eingestrichen, die Halbirung mag nach der Länge, der Quere oder schief, nach der Diagonale gehen.

Werden drei Viertel der Membran ganz gedrückt, so giebt das übrige Viertel *e* zweigestrichen.

Alles dieses habe ich oft wiederholt [1]).

1) Wegen der ungleichen Aufspannung dieser Membranen (mit Leim) und der daher entstehenden Schwebung hält es schwer, ihren Ton zu unterscheiden. Etwas Aehnliches ist es mit den Trommeln. Selbst Musiker von sehr feinem musikalischen Gehöre behaupten, an Trommeln könne man keinen bestimmten Ton unterscheiden. Man kann sich aber helfen, indem man in irgend einem Durchmesser den Punkt

Endlich noch liefs ich mir von einem Kupferschmied, welcher in Verfertigung von Pauken als sehr geschickt bekannt ist, an die Stelle dieser beiden in Holzrahmen gefafsten Pergamenthäute ein Paar andere Einsetzer machen, die Rahmen von Metall, die Pergamenthäute nach Paukenart aufgespannt, und ringsherum metallene Schrauben zum Behufe des Stimmens, ebenfalls nach Art der Pauken. Auf diese Art gedachte ich auch höhere Membrantöne in den Vergleich zu ziehen, und überhaupt mannichfaltigere und nach Willkühr bestimmte Verhältnisse von Pfeifenton und Membranton zusammenzustellen und in ihren gemeinschaftlichen Wirkungen zu prüfen. Es schlug jedoch fehl. Der gehörige winddichte Verschlufs war dabei nicht zu Stande zu bringen. Die Pfeife sprach daher nicht an. Zudem waren diese beiden Einsetzer, ihrer Kleinheit wegen, allzu zart ausgefallen. Die Schrauben hielten die Spannung der Membranen nicht aus und gaben nach. Indessen thut das der Hauptsache keinen Abbruch. Der Zweck ist erreicht. Die Gesetze dieser Combination von Tonbildung sind, wie ich glaube, ausgemittelt, und durch Versuche, laut obiger Tabelle, bestätigt.

So die Labialpfeifen. Wie nun aber die Zungenpfeifen? Denn Hr. S. verwechselt sie, und schreibt die Vertiefung durch Convergenz und häutige Beschaffenheit der Röhrenwände, wie sie bei Labialpfeifen stattfindet, auch den kurzen Zungenpfeifen zu. Es fragt sich also:

1) Macht die Richtung der Röhrenwände bei den kurzen Zungenpfeifen einen Unterschied in der Tonhöhe, und welchen?

2) Macht die häutige Beschaffenheit der Röhren-

auf drei Viertel (des Durchmessers) niederdrückt, dadurch die Quinte zum Vorscheine bringt, und nun den Grundton und die Quinte ein Paar Mal abwechselnd angiebt. Dadurch wird der Grundton verständlicher. Doch mufs man das Ohr nahe an die Membran halten; sonst hört man freilich nur Geräusch, aber keinen Ton.

wände bei den kurzen Zungenpfeifen einen Unterschied in der Tonhöhe, und welchen?

Ich liefs mir ein Zungenpfeifen-Mundstück mit messingener Zunge und fünf darauf passende Röhren machen, das Mundstück so, dafs es verschiedentlich, und von den Röhren abgesondert, gestimmt werden kann, jede der Röhren $4\frac{1}{2}$ Par. Zoll lang und im Querdurchschnitte regelmäfsig viereckig, übrigens mit folgenden Verschiedenheiten:

No. 1 mit parallelen Wänden von Holz, 1 Par. Zoll und 10 Linien weit;

No. 2 mit divergirenden Wänden von Holz, zu unterst 8 Linien, zu oberst 2 Zoll 3 Linien weit;

No. 3 mit convergirenden Wänden von Holz, zu unterst 2 Zoll 5 Linien, zu oberst 8 Linien weit;

No. 4 mit parallelen Wänden aus Pergament und hölzernen Rahmen 2 Zoll 3 Linien weit;

No. 5 mit convergirenden Wänden aus Pergament und hölzernen Rahmen, zu unterst 2 Zoll 5 Linien, zu oberst 8 Linien weit.

Diese fünf Röhren nun, abwechselnd mit dem Mundstücke verbunden, geben, beim Anblasen des Mundstücks, durchaus denselben Ton, den das Mundstück für sich allein giebt.

Auch mögen die Membranen in No. 4 und 5 trokken, feucht oder durchnäfst seyn, die Pfeife giebt durchaus denselben Ton, den das Mundstück für sich allein giebt.

Ich liefs mir ein anderes Zungenpfeifen-Mundstück zu jenen fünf Röhren machen, eben so wie das vorige, aber die Zunge nicht von Metall, sondern von dünnem Pergament.

Dieses Mundstück, mit jenen fünf Röhren abwechselnd verbunden, giebt, angeblasen, durchaus denselben Ton, wie für sich allein.

Auch mögen die häutigen Wände in No. 4 und 5

trocken, feucht oder durchnäfst seyn; die Pfeife giebt durchaus denselben Ton, den das Mundstück für sich allein giebt.

Gesammtübersicht der Ergebnisse dieser Versuche zur Beantwortung jener Fragen.

A. In Betreff der Labialpfeifen.

Labialpfeifen mit membranöser Wandung vermögen tiefer zu tönen, als bei durchaus starrer Wandung und übrigens gleichen Umständen.

Labialpfeifen mit membranöser Wandung tönen desto tiefer, je schlaffer die Membran.

Diese Vertiefung durch Erschlaffen der Membranen geht bis über zwei Octaven, aber nicht in's Unendliche. Denn bei fortgesetztem Erschlaffen der Membranen tönt die Pfeife nicht nur tiefer, sondern auch zugleich immer schwächer, bis zum allmäligen Verschwinden des Tones. Dieser Grad der Erschlaffung ist die Gränze der Vertiefung. Ist diese Gränze überschritten, dann verhalten sich die Membranen, beim Anblasen der Pfeife, wie offene Stellen, und die Pfeife ist von da an, wo die Membranen anfangen, stumm. Fangen sie zu unterst der Röhre, am Labialende, an, so ist die ganze Pfeife stumm. Fangen sie höher an, so tönt der bis dahin reichende Theil der Pfeife allein, und es entsteht, nach dem Verschwinden jenes tieferen Tones der ganzen Röhre, ein viel höherer, nach Maafsgabe der Länge dieses unteren Theiles der Röhre. Es kann alo niemals der Fall eintreten, dafs eine membranöswandige Labialpfeifenröhre, innerhalb der membranösen Wände, wegen unzureichender Spannung derselben, unabhängig von ihnen ertönte, sondern, so weit sie membranös ist, tönt sie entweder von den Membranen abhängig, oder gar nicht, sie verstummt.

Labialpfeifen mit membranöser Wandung tönen nicht *allemal* tiefer, sondern, unter gewissen Umständen, eben

o hoch oder höher, als bei durchaus starrer Wandung
ınd übrigens gleichen Umständen.

Die Membran oder die mehreren Membranen in der
'feifenwandung geben, beim Anschlagen, denselben Ton,
en die Pfeife, beim Anblasen, als ihren Grundton giebt.

Die Stimmung der Membranen in und aufser der
'erbindung mit der Pfeife kann, bei unveränderter Span-
ung, doch verschieden seyn.

Die eigenthümliche Stimmung der Pfeife (d. h. die
timmung, welche der Pfeife, bei durchaus starrer Wan-
ung und übrigens gleichen Umständen, zukommt, und
ie eigenthümliche Stimmung der Membranen (d. h. die
timmung, welche den Membranen, bei ihrer Absonde-
ung von der Pfeife und übrigens gleichen Umständen,
ıkommt) gleichen sich, bei der Verbindung der Pfeife
nd der Membranen, unter einander aus, so, dafs die
feife und die Membranen, bei ihrer gegenseitigen Ver-
indung, eine und dieselbe *gemeinschaftliche Stimmung*
ınehmen. Dabei sind folgende Umstände zu unterschei-
en: 1) sind die eigenthümlichen Stimmungen (der Pfeife
nd der Membranen) gleich, so ist auch ihre gemein-
haftliche den eigenthümlichen gleich; 2) sind die eigen-
ümlichen Stimmungen ungleich, so liegt die gemein-
haftliche dazwischen; 3) je weiter die eigenthümlichen
immungen von einander entfernt sind, desto weiter ist
e dazwischenliegende gemeinschaftliche von ihnen ent-
rnt.

Je gröfser die Masse der Membranen, bei gegebe-
n ungleichen Stimmungen der Pfeife und der Membra-
n, desto näher der eigenthümlichen Stimmung der Mem-
anen und desto entfernter von der eigenthümlichen der
eife ist die gemeinschaftliche; je kleiner die Masse der
embranen, desto näher der eigenthümlichen der Pfeife,
ıd desto entfernter von der eigenthümlichen der Mem-
anen ist die gemeinschaftliche.

Je länger die Pfeife, bei einer gegebenen Masse und

Stimmung der Membranen, desto näher der eigen
lichen Stimmung der Pfeife, und desto entferntei
der eigenthümlichen der Membranen ist die gemeinscl
che; je kürzer die Pfeife, desto näher der eigenthüml
Stimmung der Membranen, und desto entfernter vo
eigenthümlichen der Pfeife ist die gemeinschaftliche

Folglich: Bei Labialpfeifen mit membranöser
dung, wenn sie nach Orgelart angeblasen werden
die Membranen straff genug sind, um durch das A
len der Luft in Schwingung zu gerathen, und das Zu
prallen der Luft zu bewirken, schwingen die Me
nen mit der Luftsäule gemeinschaftlich. Die eigen
lichen Geschwindigkeiten in der Nacheinanderfolg
Schwingungen, welche die Pfeife und die Membı
jede für sich, anzunehmen streben, sind entweder
oder ungleich. Sind sie gleich, und also einander
widerstrebend, so ist die gemeinschaftliche Geschw
keit dieselbe; sind sie ungleich, und also einande
derstrebend, so gleichen sie sich aus zu einer ge
schaftlichen mittleren Geschwindigkeit. Die Ausglei
richtet sich nach der Gröfse der schwingenden M
Je gröfser die Masse der Membranen, bei übrigens
chen Umständen, desto mehr nähert sich die ge
schaftliche Geschwindigkeit der eigenthümlichen der
branen; je gröfser die Luftsäule, bei einer gegel
Masse und Spannung der Membranen, desto mehr
sich die gemeinschaftliche Geschwindigkeit der eigen
lichen der Luftsäule. Je schlaffer die Membranen,
geringer die Elasticität und ihre Rückwirkung au
Luft, und desto schwächer daher auch die Schwi
gen der Membranen sowohl als auch der Luftsäule.
endlich die Membranen zu schlaff, um durch da
prallen der Luft in Schwingung zu gerathen und da
rückprallen der [illegible] zu bewirken, so kann kein Sc
gen der M[illegible]en und der angränzenden Luft zu S
kommen [illegible] nun, bei dermafsen schlaffen Membr

zunächst dem Mundstücke ein Theil *starre* Wandung, so, dafs dort die anprallende Luft den zum Zurückprallen nöthigen Widerstand findet, so schwingt der dazu gehörige Theil der Luftsäule für sich; fangen aber die Membranen gleich von dem Mundstücke an, so entsteht durch das Anblasen gar keine Tonschwingung, weder der Luft, noch der Membranen. Doch entsteht die Tonschwingung der Membranen, auch bei solcher Erschlaffung noch, durch Anschlagen. Dann aber sind die Membranen in ihren Geschwindigkeiten unabhängig von der Luftsäule und von einander selbst.

Wird eine (durch Wechselwirkung mit der Luftsäule gemeinschaftlich tönende) Membran an irgend einem Punkte gedrückt, so wird die gemeinschaftliche Stimmung höher, und zwar, bei rechtwinklich viereckigen Membranen, am höchsten, wenn der Druck in der Mitte der Membranen stattfindet. Rückt man den Druck von irgend einer Stelle der vier Ränder allmälig bis zur Mitte, so, dafs alle auf diesem Wege befindlichen Punkte der Membranen nach einander möglichst gleichmäfsig gedrückt werden, so steigt die Stimmung bis dahin *allmälig*. Rückt man den Druck von der Mitte allmälig und möglichst gleichmäfsig nach irgend einer Stelle des Randes hin, so sinkt die Stimmung bis dahin *allmälig*. Der Schlagton ist dabei immer mit dem Blaston gleich, der Druck mag in der Mitte oder zwischen der Mitte und dem Rande, und das Anschlagen mag, im letzteren Falle, auf der breiten oder der schmalen Seite geschehen. Die Membran schwingt also, bei diesem Verfahren, immer in zwei Abtheilungen, bei dem centrischen Drucke in zwei gleichen, bei jedem excentrischen Drucke in zwei ungleichen Abtheilungen. Bei ungleichen Abtheilungen geschieht wieder eine Ausgleichung der Geschwindigkeiten. Die gröfsere Abtheilung aber hat, wegen ihrer gröfseren Masse, das Uebergewicht bei der Ausgleichung. Daher ist die Stimmung tiefer bei excentrischem, als bei centrischem

Drucke, und desto tiefer, je weiter der Druck vom Centrum entfernt ist. Abtheilungen der Membran in drei, vier u. s. w. gleiche Theile mit zwischenliegenden Knotenlinien finden also hier nicht statt; sonst müfsten, bei diesem Verfahren, die Knotenlinien irgendwo getroffen werden, und die Theilungen mit ihren Aliquottönen zu Stande kommen; die Tonveränderung würde daher, bei diesem Verfahren, nicht allmälig, sondern sprungweise geschehen, und die Stimmung würde, bei excentrischem Drucke, z. B. bei dem Drucke auf eine Knotenlinie der Drittelabtheilung, höher seyn, als bei dem centrischen Drucke.

Drückt man eine (durch Wechselwirkung mit der Luftsäule gemeinschaftlich tönende) Membran auf *zwei* Punkten, sie mögen noch so verschiedentlich gelegen seyn, nur nicht ganz nahe am Rande oder ganz nahe an einander, so ist die Stimmung (ungefähr) einen Ton höher, als bei dem Drucke an Einem Punkte. Diese Erhöhung rührt offenbar davon her, dafs die Abtheilungen der Membran in diesem Falle kleiner sind, als bei dem Drucke an Einem Punkt. Rückt man beiderlei Druck dem Rande zu, so sinkt die Stimmung *allmälig* bis zu dem Tone, der ohne Druck stattfindet. Rückt man beiderlei Druck dem Mittelpunkte der Membran zu, so sinkt die Stimmung *allmälig* um einen Ton, nämlich bis zu dem Tone, der bei einfachem centrischen Drucke stattfindet. Aliquottöne sind also auch hier wieder nicht; das beweist die Allmälichkeit der Uebergänge.

Rührt die Tonveränderung bei diesem Drucke etwa von dadurch veränderter Spannung her? Keineswegs. Denn der Ton ist bei schwachem oder noch so starkem Drucke einerlei.

Drückt man eine Hälfte der Membran, so ist die Stimmung, wie bei dem Drucke im Mittelpunkte der Membran, weil diese in beiden Fällen halbirt wird.

Drückt man die ganze Membran, so ist die Stim-

ıung, wie bei durchaus starrer Wandung und übrigens leichen Umständen.

Verbreitet man den Druck von irgend einer Rand-telle an auf die ganze Membran, so steigt die Stim-ıung *allmälig* von dem Tone, der bei ganz unberühr-r Membran stattfindet, bis zu dem, welcher der Pfeife, ei durchaus starrer Wandung und übrigens gleichen Um-änden, zukommt.

Bei den *gedackten* Pfeifen dieser Art geschieht wie-er dieselbe Ausgleichung, nur daſs hier der eine Factor, e eigenthümliche Stimmung der Pfeife, eine Octave tie-r ist. Die gemeinschaftliche aber wird dadurch keine ınze Octave tiefer, weil bei der Ausgleichung ein Theil eser Differenz des einen Factors an den anderen ab-geben wird, und also die gemeinschaftliche Differenz n so viel geringer ausfällt.

Solche Töne nun, welche dadurch entstehen, daſs vei mit verschiedener Geschwindigkeit schwingende Kör-er zu einer gemeinschaftlichen mittleren Geschwindig-eit sich ausgleichen, können daher in der Akustik wohl glich *Ausgleichungstöne* genannt werden.

Der Einfluſs dünner Röhrenwände auf die Stimmung hwingender Luftsäulen war zwar vorher nicht ganz un-ekannt. Denn schon lange wuſste man, daſs Labial-feifen und Messinginstrumente ihre Stimmung verändern, ›bald ein Theil ihrer Wandung zu dünn wird. Vor-iglich die Orgelbauer und die Messinginstrumentmacher uſsten das recht gut. Solche *membranöse* Pfeifen aber ıt Hr. Savart zuerst aufgestellt. Und hat er gleich r Verhalten theils unrichtig angegeben, so gebührt ihm ›ch das Verdienst, sie erfunden und dadurch die Wis-nschaft zu einer Bereicherung gebracht zu haben.

Wie nun aber mit dem *praktischen* Nutzen dieser findung? Wäre sie nicht anwendbar auf Orgeln und asinstrumente? Welche Tiefe würde da durch so wenig ısse erreicht! Vier Fuſs verträten acht bis sechszehn

Fuſs. Acht Fuſs verträten sechszehn bis zwei und dreiſsig Fuſs. Wie compendiös und wie wohlfeil zugleich würden da die Orgeln seyn? Viel compendiöser und viel wohlfeiler als bei dem Vogler'schen Simplicationssysteme!

Aber zwei Hindernisse stehen im Wege.

Erstens die Veränderlichkeit der Stimmung, nach Maaſsgabe der Feuchtigkeit der Luft und zumal des Athmens. Durch nasse Witterung sinkt die Stimmung solcher Pfeifen gegen eine groſse Terz, durch Einblasen des Athems gar bis zu einer Quinte.

Dieses Hinderniſs wäre nun zwar zu überwinden durch Oelen oder Firnissen der Membranen.

Ein zweites aber und unüberwindliches Hinderniſs ist das mit dem Tieferwerden zugleich fortschreitende Schwächerwerden des Tones; denn diese Vertiefung durch Erschlaffen der Membranen geht zwar bis über zwei Octaven, aber bei fortgesetztem Erschlaffen der Membranen tönt die Pfeife nicht nur tiefer, sondern auch zugleich immer schwächer, bis zum allmäligen Verschwinden des Tones.

Beide Hindernisse könnte man umgehen, wenn man anstatt der Membranen dünne Metallplatten in die Pfeifenwände einsetzte. Diese klirren aber; das sieht man an Waldhörnern, wenn eine Stelle so dünn ist, daſs sie selbsttönend schwingt.

B. In Betreff der Zungenpfeifen.

Bei den kurzen Zungenpfeifen macht die Richtung der Wände, sie mag parallel, divergent oder convergent seyn, keinen Unterschied in der Tonhöhe.

Bei den kurzen Zungenpfeifen macht die Substanz der Wände, sie mag starr oder membranös, und, im letzteren Falle, trocken, feucht oder durchnäſst seyn, keinen Unterschied in der Tonhöhe.

II. *Neue Tafel der Depressionen des Quecksilbers in Barometerröhren; von Herrn A. Bravais.*

(*Ann. de chim. et de phys.* S. III T. V p. 492.)

Laplace hat in der *Mécanique céleste* (*T. IV 2e suppl. p.* 65) eine Formel gegeben, mittelst welcher man die Capillardepression des Quecksilbers in Röhren von grofsem Durchmesser direct berechnen kann. Wenn man diese Formel auf eine Röhre von 16 Millimet. innerem Durchmesser anwendet, und dabei die beiden Constanten benutzt, deren sich Hr. Bouvard zur Berechnung der allgemein gebräuchlichen Tafel der Depressionen bedient hat [1]), so findet man die Senkung des Quecksilbers, nach der Formel, gleich $0^{mm},079$, während sie nach eben erwähnter Tafel $0^{mm},099$ seyn würde.

Obgleich der Unterschied dieser beiden Zahlen für den Gebrauch des Barometers von keinem Belange ist, so mufs er doch aus theoretischem Gesichtspunkte den Physikern auffallend seyn. Zwar ist die Laplace'sche Formel nicht vollkommen streng; allein, darf man annehmen, dafs sie eine um das Fünftel ihres Werthes zu kleine Depression gebe? In der Meinung, dafs dieser Unterschied von der zur Entwerfung der erwähnten Tafel angewandten Methode herrühren könnte, hielt ich es für nützlich, die Rechnung in einer strengeren Weise wieder vorzunehmen.

Gemäfs den Bezeichnungen, die Laplace in der Abhandlung, wo seine Methode auseinandergesetzt ist, gewählt hat [2]), nenne ich v die Neigung eines Elements

1) *Mém. de l'Acad. des Scienc. T. VII p.* 322.

2) *Connaissance des Temps*, 1812, *p.* 317.

der erzeugenden Curve, die durch ihre Drehung um die Axe der Röhre die Endfläche der Quecksilbersäule giebt; u ist der Abstand dieses Elements von der Axe der Röhre; z die Länge des Perpendikels gefällt von demselben Element auf die feste Horizontalebene, welche die Quecksilberoberfläche einnehmen würde, wenn die Capillarkräfte aufhörten; b ist der Krümmungshalbmesser der Curve in diesem selben Punkte und B der Krümmungshalbmesser für den Scheitel des Meniskus. Nun seyen Δv, Δu, Δz, Δb die Variationen, welche diese Gröfsen beim Uebergang von einem Element zum nächstfolgenden erleiden; ferner sey δ die Depression des Scheitels unterhalb der Horizontalebene, dem Ursprung der z; endlich sey a^2 die specifische Constante des Quecksilbers, welche Laplace gleich 6,5 Quadratmillimeter ansetzt.

Die Theorie der Capillarkräfte giebt zuvörderst:

$$\frac{1}{b}=\frac{2z}{a^2}-\frac{\sin v}{u}.$$

Am Scheitel der Curve hat man $v=0$, $u=0$, $z=\delta$, $b=B=\frac{a^2}{\delta}$.

Laplace setzt hierauf:

$$\Delta u=2b\sin\tfrac{1}{2}\Delta v\cos(v+\tfrac{1}{2}\Delta v)$$
$$\Delta z=2b\sin\tfrac{1}{2}\Delta v\sin(v+\tfrac{1}{2}\Delta v)$$

und es reicht hin, v um kleine, dem Winkel Δv gleiche Intervalle wachsen zu lassen, um nach und nach die allen möglichen Werthen des Winkels v entsprechenden Werthe von u und z zu erhalten. Der Anwuchs von Δv mufs ziemlich klein seyn, damit man den Krümmungshalbmesser b in der ganzen Erstreckung einer selben Abtheilung der erzeugenden Curve ohne merklichen Fehler als constant annehmen könne. Allein in derselben Zeit, da v, u, z sich in $v+\Delta v$, $u+\Delta u$, $z+\Delta z$ umändern, verwandelt sich b in $b+\Delta b$. Es ist kein Grund da, den einen oder andern dieser beiden Krümmungshalb-

messer einen Vorzug zu geben in den Gleichungen, die Δu und Δz bestimmen. Ich habe also, in diesen letzteren Formeln, b durch den mittleren Werth $b+\frac{1}{2}\Delta b$ ersetzt.

In der Theorie der barometrischen Depressionen ist gegenwärtig die Annahme nothwendig, dafs der Winkel, unter welchem das Quecksilber die Röhrenwand trifft, sich verändern könne durch Wirkung von Ursachen, die noch nicht alle vollkommen bekannt sind. Man darf also nur an eine Berechnung der Dpression denken, wenn dieser Einfallswinkel zuvor gemessen worden, sey es direct oder indirect. Die Depressionstafeln werden also einen doppelten Eingang haben müssen. Die zweite bekannte Gröfse wird der Halbmesser der Röhre seyn; und da die obigen Rechnungen den Halbmesser in Function der als bekannt vorausgesetzten Depression geben, so wird man ihrerseits die Depressionen, durch eine zweckmäfsige Interpolation, nach gleichen Anwüchsen des Halbmessers fortschreiten lassen müssen.

Zur Zeit, da Bouvard seine Tafel berechnete, kannte man noch nicht so gut wie heute die grofse Veränderlichkeit des Einfallswinkels zwischen dem Quecksilber und dem Glase, und man wufste nicht, dafs dieser Winkel im barometrischen Vacuo beständig kleiner ist als in freier Luft [1]. Man betrachtete ihn also als constant. Laplace nahm ihn zu 46° 28′, und Poisson setzte ihn nach neueren Versuchen auf 44° 30′. Ich habe angenommen, dafs er von 15° auf 48° steigen könne. Diese letztere Gränze kann er kaum überschreiten, wohl aber kann er unter 15° herabsinken, und in einigen Ausnahmsfällen kann der Meniskus eben und selbst concav werden. Es bedarf dazu einer Beschmutzung der inneren Röhrenwand mit einem Körper, der zugleich am

1) Ich verstehe unter *Einfallswinkel*, wie in der Theorie des Lichts, den Winkel zwischen dem letzten Element der Curve und der Normale der Röhrenwand. Es ist der Winkel V unserer Formeln.

Quecksilber und am Glase haften kann, namentlich mit Metalloxyden; auch erfolgt es, wenn das Quecksilber zu lange in der Röhre gekocht worden. Im ersteren Fall ist das Barometer mangelhaft und die Röhre mufs verworfen werden. Im zweiten Fall ist, wie es scheint, die Einführung einer kleinen Luftblase, die man darauf durch kleine Stöfse wieder austreibt, hinreichend, damit der Meniskus seine natürliche Convexität wieder annehme. Man darf nicht anstehen ein solches Mittel zu gebrauchen, denn die starke Adhärenz des Quecksilbers zum Glase, wie sie aus diesem Symptom hervorgeht, ist der Beweglichkeit der Säule und der Genauigkeit der Beobachtungen schädlich.

Die Depressionen, welche nach der gegenwärtigen Tafel einer Incidenz von $46^0\ 48'$ entsprechen, sind geringer als die von der Bouvard'schen Tafel gegebenen. Die Unterschiede betragen $0^{mm},030$, $0^{mm},026$, $0^{mm},22$, $0^{mm},015$, $0^{mm},006$ für Röhren von 2, 4, 6, 8, 10 Millimeter Radius. Sie entspringen fast alleinig aus der Einführung der Glieder:

$$b' \cos v \frac{(\Delta v)^2}{2} \quad , \quad b' \sin v \frac{(\Delta v)^2}{2}$$

in den allgemeinen Ausdruck der Anwüchse Δu und Δz. Die kleine dadurch erfolgende Zunahme im Werthe der Constanten a^2 bedeutet wenig in diesem Resultat.

Wie schon gesagt, giebt die für Röhren von grofsem Durchmesser geltende Laplace'sche Formel $0^{mm},079$ für eine Röhre von 8 Millimet. Radius. Diese Formel ist folgende:

$$\delta = 2\sqrt{\pi a' U} \tang \tfrac{1}{4} V e^{\frac{-4(U + a' \sin^2 \frac{1}{4} V)}{a'}},$$

wenn zur Vereinfachung $2\sqrt{2a^2} = a'$ gesetzt wird. U ist der Radius der Röhre und V der Einfallswinkel gegen Glas. Dieser Werth von δ ist von Poisson ein wenig verändert worden. In der Formel dieses letzten Mathematikers ist U unter dem Wurzelzeichen ersetzt

durch $U+a' \sin^2 \frac{1}{4} V$ [1]). Diese beiden Formeln, besonders die letzte, bieten, verglichen mit unserer Tafel, eine genügende Uebereinstimmung dar, vor allem, wenn man sich erinnert, dafs sie nicht vollkommen streng sind.

Wünscht man, nach der gegenwärtigen Tafel, die Depression für eine Röhre von gröfserem Radius als 10 Millimeter zu wissen, so beginnt man damit, diese Depression für eine Röhre von 10 Millimetern zu berechnen. Es sey δ_{10} die dadurch erhaltene Zahl; dann kann man δ berechnen durch die Formel:

$$\log \delta = \log \delta_{10} - 0{,}21868(U-10),$$

wo die Logarithmen die gemeinen sind. Diese Formel ist nur annähernd; allein der bei δ begangene Fehler wird immer kleiner als ein Tausendstel eines Millimeters seyn. Will man eben so die Depression für einen Werth von V kleiner als 15° zu berechnen, so braucht man nur anzunehmen, dafs von $V=0$ bis $V=15^\circ$ die Depressionen den Bogen proportional sind, oder vielmehr, den Sinus dieser Bogen, was wenig von der Wahrheit abweicht.

Mein Zweck geht dahin: 1) einem Beobachter die Bestimmung der *absoluten Barometerstände* möglich zu machen, ohne dafs er dazu der Vergleichung seines Instruments mit einem Normalbarometer bedarf. 2) Dem Reisenden, wenn es ihm gefällt, zu gestatten nachzusehen, ob die Berichtigung des Nullpunkts seines Barometers constant geblieben sey, und, wenn der Einfallswinkel sich geändert hat, oder wenn das ursprüngliche Rohr zerbrochen und ein neues eingesetzt ward, eine neue Berichtigung desselben vorzunehmen. Selten bleiben, auf einer langen Reise, die Instrumente vergleichbar unter sich; alle Reisenden wissen diefs wohl, und bei meinen Reisen nach dem Norden Europa's und in die Alpen habe ich selbst erfahren, dafs man Veränderungen von $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ Millimet. und selbst mehr in der

1) *Nouvelle théorie de l'action capillaire*, p. 224.

Lage des Nullpunkts antreffen kann. Diese Veränderungen rühren ohne Zweifel von Veränderungen in der Capillardepression her. Um sie auszumitteln, mufs man den Winkel V am Barometer selbst messen und den inneren Durchmesser der Röhre kennen.

Zur Bestimmung des Winkels V verfahre ich folgendermafsen. Nachdem ich das Barometer senkrecht und solchergestalt aufgestellt habe, dafs die Oberfläche des Meniskus von dem Licht der Wolken, oder, nach Bedürfnifs, von einem dahinter angebrachten Stück weifser Pappe beleuchtet wird, halte ich hinter der Fassung einen Schirm, der sich mit einer horizontalen Kante endigt. Diesen Schirm bewege ich von unten nach oben, wodurch er, indem er steigt, immer mehr und mehr von dem Licht auffängt, welches sich an der Quecksilberfläche reflectirte. Das Auge fast in Niveau mit der Base des Meniskus stellend, sehe ich dessen Oberfläche, anfangs auf der mir gegenüberliegenden Seite, sich verdunkeln, und diese Verdunklung dehnt sich nach und nach gegen die Basis aus, bis zum vollständigen Verschwinden des erhellten Theils. Genau in diesem Moment sey h der Winkel, welcher die Neigung des Gesichtsstrahls, geführt vom Auge des Beobachters zu dieser Basis, mifst. Dieser Winkel wird als positiv oder negativ betrachtet, je nachdem das Niveau des Auges unter oder über dem des Meniskus ist, je nach dem die Gesichtslinie gegen den Beobachter oder gegen die Basis herabneigt. Sey eben so H der Winkel, welcher die Neigung des letzten Lichtstrahls, vor seiner Reflexion an der convexen Quecksilberfläche mifst. Dieser Winkel wird immer positiv seyn. Man hat offenbar:

$$V = \frac{H + h}{2}.$$

Um h zu messen, kann man die Basis des Meniskus beziehen auf entfernte, hinter ihr liegende Gegenstände, deren Winkelhöhe über dem Horizont zuvor be-

kannt ist. Die Ränder von Dächern oder Fenstersprossen sind zu diesem Zweck besonders geeignet. In Ermanglung derselben kann man sich auch eines senkrechten Spiegels bedienen, der, je nach der Entfernung, in Millimeter oder Centimeter getheilt ist [1]). Oft habe ich mich auch begnügt, an die Mauer ein Stück weiſses Papier zu befestigen mit Horizontallinien von fünf zu fünf Millimetern. Ich beobachte zunächst, welchem Theilstrich p des Papiers die horizontale Ebene entspricht, die durch einen gegebenen Punkt der Barometerskale, z. B. durch den Punkt 760 Millim. gelegt ist. Ich messe hierauf den Horizontal-Abstand f, welcher dieses Sehzeichen von der Axe der Röhre trennt. Ist l die auf der Barometerskale, neben dem Nullpunkt des Nonius, abgelesene Höhe des Meniskus-Scheitels, und k die constante Höhe des Pfeils vom Meniskus, so wird $l-k$ die abgelesene Höhe der Basis des Meniskus seyn (eine Gröſse, die man auch durch directe Messung erhalten kann) und $l-k-760$ die Höhe dieser selben Basis über der zuvor erwähnten Horizontal-Ebene. Ist andererseits P der Punkt des graduirten Sehzeichens, auf welchen das Auge die Basis des Meniskus im Moment des Verschwindens der letzten Lichtlinie bezieht, so hat man offenbar:

$$tang\, h = \frac{(P-p)-(l-k-760)}{f+U}.$$

Die Gröſsen p, k, f, U können während einer und derselben Reihe von Beobachtungen als constant angesehen werden.

Eben so erhält man den Winkel H. Der Schirm, welcher das Licht auffängt, ist gewöhnlich beweglich mit dem Läufer, der den Nonius trägt. Man kann ihn daran befestigen entweder durch besondere Druckschrauben, oder durch die Schrauben des Läufers, oder durch den

1) Es ist wohl daran zu erinnern, daſs schon W. Weber den Weg angab, mittelst eines Spiegels die Gestalt der Quecksilberkuppe in Barometerröhren zu bestimmen. (Ann. Bd. XXXX S. 39.) *P.*

Druck einer Feder. Jeder Beobachter, selbst der reisende, kann leicht einen solchen Schirm an sein Instrument anbringen. Es ist gut, ihn so einzurichten, daſs er leicht abgenommen, und an jedes andere Barometer angebracht werden kann. Da es nicht nothwendig ist, daſs der obere Rand des Schirms geradlinig sey, so kann der obere innere Rand des Läufers, welcher den Nonius trägt, die Dienste desselben verrichten; allein dann ist der horizontale Abstand zu klein, und das schadet der Genauigkeit der Bestimmung des Winkels H.

Es sey nun n die Ablesung des Nullpunkts am Nonius, wenn der die Beleuchtung begränzende Rand in der Horizontal-Ebene des Theilstrichs 760 ist; sey ferner N' die Ablesung desselben Nullpunkts im Moment, wo der Meniskus aufhört beleuchtet zu seyn; sey e der horizontale Abstand dieses selben Randes von der Axe der Röhre, so hat man offenbar, wie vorhin:

$$tang\, H = \frac{(N-n)-(l-k-760)}{e+U}.$$

Der Durchgang der Lichtstrahlen durch die Glasröhre ändert dieſs Resultat ein wenig. Bei der Messung des Winkels h kann man diesen letzten Effect vernachlässigen; nicht so ist es aber bei der Messung von H. Es sey λ das Brechverhältniſs beim Uebergang des Lichts aus Glas in Luft; sey ε die Dicke der Röhrenwand, so ist es leicht sich zu überzeugen, daſs man den Moment $e+U$ umändern muſs in:

$$e+U-\varepsilon(1-\cos H\, tang\, arc\, sin = \lambda \sin H).$$

Zur Anwendung dieser Berichtigung muſs also H schon annähernd berechnet seyn; übrigens hat mir der Versuch gezeigt, daſs es fast immer, besonders wenn der Abstand e etwas groſs ist, hinreicht $e+U$ zu ersetzen durch $e+U-\frac{2}{3}\varepsilon$.

Es ist nützlich, das Barometer um 180° um seine Axe zu drehen und die Beobachtung in dieser Stellung zu wiederholen; denn in der Senkrechtheit der Röhren-

axe kann ein leichter Fehler vorhanden seyn, und dieser wirft sich ganz auf die Messung des Winkels V. Es ist also gut, dafs der Schirm ringförmig sey, und seine Axe, wenigstens nahezu, zusammenfalle mit der Fassung des Barometers. Ist einmal der Schirm befestigt, so bestimmt man den Werth der Gröfse p im Moment, wo der letzte Lichtpunkt verschwindet. Auf diese Weise macht man zwei bis drei Ablesungen von p, getrennt von einander durch eine Reihe kleiner Stöfse, um jede Adhärenz zwischen dem Quecksilber und dem Glase zu vernichten; dann nimmt man das Mittel aus diesen Ablesungen.

Wenn man aber auf einen festen Gegenstand einstellt (*affleure*), wenn der Winkel h zuvor bekannt ist, so macht man gleich hinter einander zwei oder drei Ablesungen von N, und nimmt daraus das Mittel zur Berechnung von H.

Bei Barometern, bei welchen das Quecksilber-Niveau nach Belieben mittelst einer Schraube verstellt werden kann, wird es gut seyn, den Versuch an verschiedenen Punkten der Länge der Säule zu wiederholen. Bei Barometern, wo das Niveau nicht nach Belieben des Beobachters verschoben werden kann, ist man genöthigt, die natürlichen Veränderungen des Barometerdrucks abzuwarten, um dieselbe Reihe von Beobachtungen zu machen. Man mufs nicht glauben, dafs der Einfallswinkel des Quecksilbers gegen die Röhrenwand nothwendig gleich sey an verschiedenen Stellen einer und derselben Röhre. Die Erfahrung hat mir das Gegentheil bewiesen. Bei dem Ernst'schen Barometer No. 106 gaben 11 Beobachtungen, gemacht von 2 zu 2 Millimeter zwischen den Punkten 748 und 770 Millim., den Winkel $V=32^\circ\ 48'$. Neun Beobachtungen zwischen 730 und 748 Millim. gaben dagegen $V=27^\circ\ 10'$. Daraus entspringt eine Aenderung von $0^{mm},08$ in der anzunehmenden Depression. Die folgende Tafel giebt die Resultate der Messungen *des Einfallswinkels bei* verschiedenen Barometern.

Barometer.			Einfallswinkel.	Mittel.	Zahl d. Beob.
Ernst	No. 19	751,5 bis 750,5 749 - 747	33° 42' 33 31 32 40	33° 24'	48
Ernst	No. 95	759 - 747 746 - 734	40 27 40 52	40 42	14
Ernst	No. 41	770 - 750 750 - 730	38 30 37 0	37 45	16
Ernst	No. 106	770 - 750 750 - 730	32 52 27 32	30 12	20
Fortin	No. 2	770 - 750 750 - 730	37 41 37 56	37 48	20
Mittel				35° 58	

Man findet in dieser Tafel eine Spalte mit den mittleren Abweichungen, die zwischen den einzelnen Beobachtungen und ihrem allgemeinen Mittel vorhanden sind. Das Endresultat zeigt, dafs die mittlere Unsicherheit einer einzelnen Beobachtung nur auf 0°,89 steigt. Diesem Winkelfehler entspricht bei einer Röhre von 8 Millimetern im Durchmesser nur ein Fehler von 0,01 Millimeter in der Depression. Der Genauigkeitsgrad, den man durch zwei Beobachtungen erhält, eine bei der gewöhnlichen Stellung des Barometers, und die andere nach Drehung desselben um 180° gemacht, wird also im Allgemeinen für die Praxis hinlänglich seyn, und einige solcher Beobachtungen, bei verschiedener Höhe der Quecksilbersäule angestellt, werden den absoluten Zustand des Apparats mit aller wünschenswerthen Genauigkeit geben.

Eine Spalte der Tafel giebt den *mittleren Einfallswinkel* für jedes der fünf geprüften Barometer; sie zeigt, wie unbeständig dieses Element ist. Die vier ersten Barometer waren ähnlich, und gingen aus der Hand desselben Künstlers hervor. Dennoch schwankte der mittlere Einfallswinkel von 27° bis 41°. Das Mittel der

fünf

Mittlere Abweich.	Pfeil d. Meniskus		Zahl d. Beob.	Mittlere Abweich.	Radius der Röhre.	Depression, abgeleitet aus	
		berichtigt.				Einfallswinkel.	Pfeil.
	mm	mm		mm	mm	mm	mm
±0°,96	0,893	0,835	28	±0,050	3,50	0,656	0,654
±0 ,90	1,196	1,138	13	±0,060	4,20	0,537	0,540
±0 ,84	1,103 1,024	1,045 0,966	20	±0,022	4,00	0,559	0,553
±0 ,72	0,965 0,770	0,897 0,712	20	±0,043	3,95	0,476	0,470
±1 ,04	1,290	1,232	18	±0,059	6,65	0,145	0,149
±0°,89				±0,047			

fünf Einfallswinkel ist $=35^\circ\ 58'$ und diefs weicht wenig ab von der mittleren Incidenz 34°, die mir früher aus den Versuchen von Bohnenberger hervorzugehen schien [1]). Ich habe mich überdiefs überzeugt, dafs ohne die Stöfse, welche man zur Ueberwindung der Adhärenz des Glases zum Quecksilber giebt, die Incidenz um 4 bis 5 Grad in plus oder minus schwanken kann, je nachdem die Quecksilbersäule im Steigen oder Sinken ist.

Es giebt, bei Berücksichtigung der Veränderlichkeit des Einfallswinkels zwischen Quecksilber und Glas, ein zweites Mittel zur Messung der Capillardepression. Man braucht nur die Höhe des Pfeils vom Meniskus mit Genauigkeit zu messen, um daraus die Capillardepression und selbst in Strenge den Einfallswinkel abzuleiten. Hr. Schleiermacher hat in der *Bibliothèque universelle* [2]) eine Tafel mit doppeltem Eingang gegeben, deren Argumente diese Höhe und der Radius der Röhre sind. Nach noch nicht veröffentlichten Formeln desselben Gelehrten hat neuerlich Hr. Delcros auf derselben Grundlage eine

1) *Comparaisons barométriques faites dans le nord de l'Europe, par MM.* Bravais *et* Martins. *Mém. de l'acad. de Bruxelles, T. XIV.*

2) *Tome VIII p.* 11.

ausgedehntere Tafel berechnet, die jetzt in den *Mémoires de l'academie de Bruxelles* (*T. XIV*) gedruckt ist. Indem ich willkührliche Gruppen von Werthen, entsprechend den Gröfsen δ, u und $z-\delta$, aus meinen Tafeln nahm, konnte ich die Genauigkeit der eben genannten Tafel prüfen. Der Unterschied geht kaum bis zu Tausendstel eines Millimeters; man kann also in deren Resultate das gröfste Zutrauen setzen.

Es schien mir interessant, die mit Hülfe des Einfallswinkels berechneten Depressionen zu vergleichen mit denen, welche die Beobachtung des Pfeils vom Meniskus liefert. Unsere Tafel enthält die Elemente dieses Vergleichs. Die mit Hülfe des Pfeils erhaltene Depression war beständig um $\frac{1}{20}$ gröfser als die durch Messung des Winkels bestimmte. Beim Nachdenken über die Art, wie man die Basis des Meniskus mit dem oberen Rande des beweglichen Läufers in Niveau bringt, schien mir einleuchtend, dafs diefs Verfahren einen constanten Fehler einschliefse, und dafs die Irradiation die stark beleuchtete Oberfläche des Meniskus nach unten ausbreite. Aus den Resultaten des Hrn. Plateau geht hervor, dafs der mittlere Werth der Irradiation für einen stark beleuchteten Gegenstand ungefähr eine Minute ist [1]). Nennen wir D den Abstand des Auges von der Basis des Meniskus, so haben wir an der beobachteten Höhe des Meniskus die Berichtigung $=-D \tang 1'$ anzubringen. Ich setzte $D=200$ Millimeter; diefs ist sehr nahe der Abstand des deutlichen Sehens für mein Auge, und derjenige, bei welchem ich beobachtete. Mit diesen Werthen wird die Berichtigung $=-0^{mm},058$. Auf die Höhen des Meniskus angewandt, bringt sie zwischen der Tafel des Hrn. Delcros und der meinigen eine merkwürdige Uebereinstimmung hervor, wie man aus den beiden letzteren Spalten der obigen Tafel ersehen kann.

Die folgende Thatsache, die ich mehrmals beim Ein-

1) *Mém. de l'acad. de Bruxelles*, *T. XI.* (Ann. Ergänzungsband, S. 417.)

stellen auf die Basis des Meniskus beobachtete, beweist das Vorhandenseyn der Irradiation. An dem Vordertheil dieser Basis endigte der abgestumpfte Scheitel eines beleuchteten Sectors. Die beiden anderen, dunklen Sectoren, der eine zur Rechten, der andere zur Linken des vorhergehenden befindlich, ruhten auch auf der nämlichen Basis; allein dort war, wegen der Gleichheit des Lichts, die Irradiation fast Null. So wie nun der bewegliche Rand auf den unteren Theil des beleuchteten Sectors eingestellt war, schienen die Seitensegmente der Base des Meniskus gehoben über die Ebene der Einstellung. Schliefsen wir also daraus, dafs das Resultat des Vergleichs der beiden Methoden sehr günstig ist für die Theorie der Capillarität; schliefsen wir daraus, dafs die Depression gleich gut bestimmt werden kann, man mag den Einfallswinkel am Glase oder die Höhe des Meniskus messen, sobald man nur im letzteren Fall die Wirkungen der Irradiation in Rechnung zieht. Indefs ist es bei der letzteren Methode schwierig sich ganz gegen diese Fehlerquelle zu schützen, wenigstens wenn das Barometer nicht, wie in grofsen Observatorien, mit einem beweglichen Mikroskop versehen ist, und selbst dann mufs man die Ungleichheit im Glanz der beiden zusammenstofsenden Flächen mäfsigen.

Bei Messung des Einfallswinkels stört die Irradiation die Beobachtung nicht; sie verschiebt nicht den Ort des letzten sichtbaren Lichtpunkts; sie dehnt ihn aus und macht ihn plötzlicher verschwinden, was eben erlaubt, sein Erlöschen leichter zu beobachten.

Auch noch unter einem zweiten Gesichtspunkt scheint die Methode der Incidenzen den Vorzug zu verdienen; sie ist genauer in ihren Resultaten. Schon haben wir gefunden, dafs der mittlere Fehler, welcher bei einer einzelnen Messung zu befürchten steht, $\pm 0°,89$ beträgt. Unsere Tafel zeigt, dafs der mittlere Fehler, deren die Messung der absoluten Höhe des Meniskus aus-

gesetzt ist, auf $\pm 0^{mm},047$ geschätzt werden muſs [1]). Allein diesen Veränderungen im Werth des einen der Argumente der Tafeln entsprechen sehr verschiedene Veränderungen der Depression. So geben die Tafeln für eine Röhre von 8 Millimeter Durchmesser für einen Einfallswinkel von 36° und eine Meniskushöhe gleich $0^{mm},97$ eine Veränderung von $0^{mm},011$ in der Depression, wenn der Einfallswinkel sich um 0°,89 ändert, und eine Veränderung von $0^{mm},022$, wenn der Meniskus sich um $0^{mm},047$ erhöht oder senkt. Für Menisken von anderer Gröſse und anderer Form können diese Zahlen variiren, aber der mittlere Fehler der Depression wird beim zweiten Verfahren immer gröſser seyn als beim ersten, bei der Messung des Einfallswinkels, und daher verdient diese Messung den Vorzug, sobald das Barometer ohne bewegliches Mikroskop ist.

Die mittleren Abweichungen 0°,89 und $0^{mm},047$ sind nicht das Resultat bloſser Beobachtungsfehler; zum groſsen Theil rühren sie auch her von Veränderungen, welche wirklich die Curve des Meniskus erleidet, je nach den Umständen, welche die geometrische, physische oder chemische Natur der Wand an verschiedenen Stellen längs der Röhre darbietet. Schwierig ist die Trennung dieser beiden Ursachen, von denen die eine von der Unvollkommenheit der Beobachtungsmethode, die andere innig von der Natur des Problems abhängt. Ist x der mittlere unbekannte Fehler, der aus dieser letzteren Ursache entspringt, und sind α und β die Fehler der beiden Methoden, so haben wir, wenn wir uns an den oben erwähnten besonderen Fall halten, gemäſs der Theorie der mittleren Fehler:

$$\alpha^2 = (0,011)^2 - x^2$$
$$\beta^2 = (0,022)^2 - x^2 = (0,019)^2 + \alpha^2.$$

1) Vor und nach jeder Beobachtung der Basis des Meniskus muſs die Höhe seines Scheitels gemessen werden, um den Fehler zu eliminiren, der aus dem Zustand des Steigens und Sinkens der Quecksilbersäule entspringt.

Die Gröfse β liegt also zwischen $0^{mm},019$ und $0^{mm},022$, und man kann sie gleich $0^{mm},02$ annehmen. Anlangend den veränderlichen Fehler α bei der Methode der Incidenzen, so ist er höchstens gleich $0^{mm},01$, und dasselbe gilt von x; man sieht aus diesem Beispiel, dafs die *locale Variation* der Depression im Allgemeinen nicht sehr grofs ist.

Die vorstehenden Untersuchungen setzen voraus, dafs man genau das Kaliber der Röhre kenne; wenn aber das Barometer schon fertig, ist die Messung dieser Dimension keine leichte Sache. Oft geschieht es, dafs der Verfertiger diese Messung unterlassen oder dem Käufer nicht mitgetheilt hat, oder dafs das Resultat derselben längst abhanden gekommen ist. Hr. Schumacher hat die Güte gehabt, uns das Mittel mitzutheilen, welches er zur Bestimmung dieses Elements anwendet; man findet es in der erwähnten Abhandlung beschrieben [1]). Allein wie sinnreich dieses Verfahren auch sey, so ist es doch auf eine gewisse Klasse von Barometern beschränkt, und eine allgemeine Methode blieb noch aufzufindeu. Folgendes ist das Verfahren, welches ich zu diesem Behufe anwende.

Der äufsere Durchmesser der Röhre kann immer als mit aller wünschenswerthen Genauigkeit bekannt angesehen werden; die Schwierigkeit kommt also darauf zurück, die Dicke des Glases zu messen. Zu dem Ende ziehe ich zwei feine und parallele Striche quer auf die Röhre; mit ein wenig Geschicklichkeit gelingt diefs leicht mittelst eines scharfen Stücks Bergkrystalls, das man mit einer Zange fafst. Den Raum zwischen beiden Strichen messe ich mit Genauigkeit, ich will annehmen, er betrage 1 bis 2 Millimeter. Zu dieser Messung kann man sich eines guten Zirkels oder des Nonius am Barometer selbst bedienen. Zur Erleichterung der Operationen lege man das Instrument horizontal auf einen Tisch. Jeder dieser Striche, die ich a und b nennen will, liefert ein

1) *Mém. de l'acad. de Bruxelles*, T. XIV.

Bild durch Reflexion an der Quecksilberfläche, welche die Innenwand der Röhre bekleidet. Man bringe nun das Auge in eine schiefe Lage, so daſs man den Strich a mit dem Bilde des Striches b, oder den Strich b mit dem Bilde des Striches a zusammenfallen sieht. Sind i und r die Winkel des Lichtstrahls in der Luft und dem Glase mit der Normale der Fläche und λ das Brechungsverhältniſs bei dem Uebergang aus Glas in Luft, endlich d der gegenseitige Abstand beider Striche und ε die Glasdicke der Röhre, so hat man:

$$\varepsilon = \tfrac{1}{2} d \cot(\arc \sin = \lambda \sin i).$$

Zur Bestimmung des Einfallswinkels i bediene ich mich eines Schirms, der sich parallel mit der Axe der Röhre bewegen läſst, und dessen oberer Rand quer gegen die Axe und also parallel den Strichen a und b ist. Diesen Schirm verschiebe ich dergestalt, daſs der Gesichtsstrahl, in welchen ich a direct auf b reflectirt, oder b direct auf a reflectirt sehe, seinen oberen Rand tangirt. Ist nun M der Zwischenraum, welcher die beiden, diesen Coincidenzen entsprechenden Stellungen des Schirms trennt, und m der Perpendikel, gefällt von der Mitte der Kante des Schirms auf die Auſsenwand der Röhre, so ist ersichtlich, daſs man habe:

$$\tang i = \frac{M - d}{2m}.$$

Beim Fortschieben des Schirms auf der messingenen Fassung ist möglicherweise die Axe dieser Fassung nicht vollkommen parallel der Axe des Rohrs; allein die vorstehende Formel ist noch anwendbar auf diesen Fall, sobald der Perpendikel m von der Mitte des Zwischenraums der Striche a und b aus gemessen ist.

So viel wie möglich habe ich vorgezogen den Schirm auf der beweglichen Fassung des Nonius zu befestigen: die Gröſse M bestimmt sich dann leicht durch die beiden Ablesungen am Nullpunkt des Nonius. Was das Brechungsverhältniſs betrifft, so schwankt es beim ge-

wöhnlichen Glase von $\lambda = \frac{1}{1,5}$ bis $\lambda = \frac{1}{1,55}$ [1]); allein ich habe mich versichert, indem ich mit Röhren von bekannter Glasdicke experimentirte und das Resultat der Rechnung mit dem der directen Beobachtung verglich, dafs der Werth $\lambda = \frac{1}{1,5}$, wenigstens bei französischen Röhren, den Vorzug verdient, und ungemein der Wahrheit nahe kommende Werthe von ε liefert. Die in der Annahme $\lambda = \frac{1}{1,55}$ berechneten Werthe überstiegen die wahren Dicken um 0,05 bis 0,08 Mllm.; sicher würde aber schon dieser Fehler zu vernachlässigen seyn.

Es ist zweckmäfsig, dafs das Intervall *d* von den Gränzen 0,6 ε und 1,6ε eingeschlossen sey. Gewöhnlich ziehe ich statt zwei Striche *a*, *b*, deren drei, nahe bei einander und parallel, *a*, *b*, *c*, wodurch ich drei mögliche Combinationen und drei verschiedene Incidenzen bekomme. Es ist zu wünschen, dafs jeder der drei Zwischenräume *ab*, *ac*, *bc*, von den angezeigten Gränzen eingeschlossen sey.

Am Schlusse dieser Notiz ist es wohl kaum nöthig hinzuzufügen, dafs man, um *absolute* Bestimmungen zu erhalten, wenn das Instrument ein Gefäfsbarometer ist, die Depression des ringförmigen Meniskus im Gefäfse berücksichtigen mufs, eine Depression, die nicht so klein ist, wie man vielleicht im ersten Augenblick glaubt. Wenn das Instrument ein Heberbarometer ist, mufs man an dem Meniskus des kurzen Schenkels dieselben Operationen wiederholen, welche zur Berechnung der Depression im langen dienten (und dann die Differenz beider Depressionen nehmen *P.*). An freier Luft ist übrigens der Einfallswinkel des Quecksilbers weniger einer Schwankung und Abweichung von 45° unterworfen als im barometrischen Vacuo.

1) Bei Barometern von *Flintglas*, deren es aber nur wenige giebt (die K. Gesellschaft in London besitzt eins), hätte λ einen etwas anderen Werth.

Zusatz. Um uns von der Nothwendigkeit der S. 520 angezeigten Berichtigung Rechenschaft zu geben, wollen wir den Winkel v als unabhängige Variable behalten, und Δu, Δz entwickeln in Function des Winkels v, des Krümmungshalbmessers b und seiner Differentialcoëfficienten $b'=\frac{db}{dv}$, $b''=\frac{d^2 b}{dv^2}$, $b'''=\frac{d^3 b}{dv^3}$, ...; wir erhalten somit die folgenden Reihen, deren Bildungsgesetz einleuchtend ist:

$$\Delta u=b\left[\cos v.\Delta v-\sin v\frac{(\Delta v)^2}{1.2}-\cos v\frac{(\Delta v)^3}{1.2.3}+\sin v\frac{(\Delta v)^4}{1.2.3.4}+..\right]$$
$$+b'\left[\cos v.\frac{(\Delta v)^2}{1.2}-2\sin v\frac{(\Delta v)^3}{1.2.3}-3\cos v\frac{(\Delta v)^4}{1.2.3.4}+..\right]$$
$$+b''\left[\cos v.\frac{(\Delta v)^3}{1.2.3}-\frac{2.3}{1.2}\sin v\frac{(\Delta v)^4}{1.2.3.4}-..\right]+\text{ etc.}$$
$$\Delta v=b\left[\sin v.\Delta v+\cos v\frac{(\Delta v)^2}{1.2}-\sin v\frac{(\Delta v)^3}{1.2.3}-\cos v\frac{(\Delta v)^4}{1.2.3.4}+..\right]$$
$$+b'\left[\sin v\frac{(\Delta v)^2}{1.2}+2\cos v\frac{(\Delta v)^3}{1.2.3}-3\sin v\frac{(\Delta v)^4}{1.2.3.4}-..\right]$$
$$+b''\left[\sin v\frac{(\Delta v)^3}{1.2.3}+\frac{2.3}{1.2}\cos v\frac{(\Delta v)^4}{1.2.3.4}-..\right]+\text{ etc.}$$

Setzen wir in diesen Formeln $b'=b''=b'''=..=0$, so kommt:

$$\Delta u=b[\cos v\sin\Delta v-\sin v(1-\cos\Delta v)]$$
$$\Delta z=b[\sin v\sin\Delta v+\cos v(1-\cos\Delta v)]$$

und diefs sind, unter einer etwas anderen Form, die beiden von Laplace angewandten Formeln. Damit die Annäherung bis einschliefslich zu den Gliedern der Ordnung $(\Delta v)^2$ strenge sey, mufs man die Glieder

$$b'\cos v\frac{(\Delta v)^2}{1.2} \text{ und } b'\sin v\frac{(\Delta v)^2}{1.2}$$

in Rechnung ziehen. Man mufs also b ersetzen durch $b+b'\frac{1}{2}(\Delta v)^3$ oder durch $b+\frac{1}{2}\Delta b$, oder, besser noch, durch den der Neigung $v+\frac{1}{2}\Delta v$ entsprechenden Krümmungshalbmesser, dessen Werth entwickelt ist:

$$b+b'\frac{\Delta v}{2}+b''\frac{(\Delta v)^2}{3}+b'''\frac{(\Delta v)^3}{48}+....$$

Der bei Vernachlässigung der $(\Delta v)^4$ bei Δu noch verbleibende Fehler ist dann gleich:

$$(-2b' \sin v + b'' \cos v)\frac{(\Delta v)^3}{24}$$

und der bei Δz bleibende:

$$(-2b' \cos v + b'' \sin v)\frac{(\Delta v)^3}{24}$$

es wird dann leicht seyn, in jedem Fall zu ermitteln, was man vernachlässigt.

Freilich ist, wenn man Δu und Δz berechnet, der Krümmungshalbmesser $b+\Delta b$ des folgenden Elements noch nicht bekannt; allein wenn die Gröfsen b_{r-2}, b_{r-1}, b_r, b_{r+1} die Reihe der Krümmungshalbmesser von einer Abtheilung zur nächstfolgenden vorstellen, so ist das Gesetz, nach welchem die schon bekannten Unterschiede $b_{r-1}-b_{r-2}$, b_r-b_{r-1} fortschreiten, hinreichend, um sehr nahe und im Allgemeinen durch einen ersten Versuch den intermediären Krümmungshalbmesser zwischen b_r und b_{r+1} zu erhalten. Mit diesem Krümmungshalbmesser sind die Werthe von Δu und Δz berechnet.

Auf diese Weise habe ich die Tafel am Schlusse dieses Zusatzes gebildet. Ich habe die Anwüchse Δv gleich 1°, 2°, 3° genommen, je nach den mehr oder weniger grofsen Werthen der Differentialcoëfficienten b' und b''. Für den Werth von a^2 habe ich die Zahl 6,528 angenommen, die beinahe das Mittel ist zwischen den Versuchen des Hrn. Gay-Lussac und den noch nicht veröffentlichten des Hrn. Schleiermacher.

So lange der Winkel v oder die Depression δ hinlänglich kleine Gröfsen sind, kann man u, b, z durch folgende nach Potenzen von v fortschreitende Gleichungen bestimmen:

$$\frac{u}{a}=\frac{a}{\delta}.\sin v-\frac{a^3}{\delta^3}\,\frac{\sin^8 v}{4}+\left(4\frac{a^5}{\delta^5}-\frac{a^3}{\delta^3}\right)\frac{\sin^5 v}{24}$$

$$-\left(169\frac{a^7}{\delta^7}-76\frac{a^5}{\delta^5}+18\frac{a^3}{\delta^3}\right)\frac{\sin^7 v}{1152}$$

$$+\left(6799\frac{a^9}{\delta^9}-4064\frac{a^7}{\delta^7}+1514\frac{a^5}{\delta^5}-360\frac{a^3}{\delta^3}\right)\frac{\sin^9 v}{46080}-\ldots$$

$$\frac{b}{a}=\frac{a}{\delta}-3\frac{a^3}{\delta^3}\,\frac{\sin^2 v}{4}+5\left(4\frac{a^5}{\delta^5}-\frac{a^3}{\delta^3}\right)\frac{\sin 4 v}{24}$$

$$-7\left(169\frac{a^7}{\delta^7}-76\frac{a^5}{\delta^5}+18\frac{a^8}{\delta^3}\right)\frac{\sin^6 v}{1152}$$

$$+9\left(6799\frac{a^9}{\delta^9}-4064\frac{a^7}{\delta^7}+1514\frac{a^5}{\delta^5}-360\frac{a^3}{\delta^3}\right)\frac{\sin^8 v}{46080}-\ldots$$

$$\frac{z}{a}=\tfrac{1}{2}\left(1:\frac{b}{a}+\sin v:\frac{u}{a}\right).$$

Ich habe diese Formeln zuweilen angewandt; allein sie sind wenig convergirend. Endlich habe ich mich für Menisken von kleiner Depression ebenfalls der approximativen Reihen, die Laplace in der *Connaissance des Temps* von 1812 [1]) gegeben hat, und die nach Potenzen von a fortschreiten bedient. Wegen der Annahme des neuen Werthes $a^2=6{,}528$ habe ich die Coëfficienten derselben abgeändert.

1) *Pag.* 318. Auch *Mécaniq. céleste, T. IV.* 2e *suppl. p.* 60.

Capillardepression der Barometersäule, ausgedrückt in Millimeter.

Rad. d. Röhren mm.	Einfallswinkel. 15°	18°	21°	24°	27°	30°	33°	36°	39°	42°	45°	48°
2,0	0,733	0,869	1,003	1,135	1,265	1,392	1,516	1,635	1,749	1,857	1,962	2,063
2,2	0,643	0,765	0,836	1,003	1,115	1,225	1,334	1,441	1,542	1,638	1,729	1,817
2,4	0,566	0,677	0,786	0,891	0,991	1,088	1,185	1,278	1,365	1,450	1,530	1,607
2,6	0,506	0,604	0,700	0,794	0,884	0,971	1,055	1,137	1,214	1,289	1,361	1,429
2,8	0,451	0,539	0,625	0,709	0,791	0,869	0,943	1,015	1,033	1,150	1,214	1,274
3,0	0,405	0,483	0,560	0,636	0,709	0,780	0,845	0,909	0,970	1,028	1,084	1,138
3,2	0,364	0,434	0,503	0,571	0,637	0,700	0,759	0,816	0,871	0,923	0,972	1,020
3,4	0,327	0,390	0,452	0,514	0,573	0,629	0,682	0,734	0,784	0,831	0,874	0,917
3,6	0,294	0,351	0,407	0,462	0,515	0,566	0,614	0,661	0,706	0,748	0,787	0,825
3,8	0,266	0,317	0,367	0,416	0,463	0,510	0,554	0,596	0,637	0,674	0,710	0,744
4,0	0,239	0,285	0,330	0,374	0,417	0,459	0,499	0,538	0,574	0,608	0,640	0,670
4,2	0,215	0,257	0,298	0,338	0,377	0,414	0,450	0,485	0,518	0,549	0,578	0,605
4,4	0,195	0,232	0,269	0,305	0,340	0,374	0,406	0,438	0,467	0,495	0,521	0,546
4,6	0,176	0,210	0,244	0,276	0,307	0,337	0,367	0,395	0,422	0,447	0,471	0,493
4,8	0,159	0,190	0,220	0,249	0,277	0,305	0,332	0,357	0,381	0,404	0,425	0,445

Rad. d. Röhren mm.	Einfallswinkel. 15°	18°	21°	24°	27°	30°	33°	36°	39°	42°	45°	48°
5,0	0,144	0,172	0,199	0,225	0,250	0,275	0,299	0,322	0,344	0,365	0,384	0,402
5,2	0,131	0,156	0,180	0,204	0,227	0,249	0,270	0,291	0,311	0,330	0,347	0,363
5,4	0,119	0,142	0,164	0,185	0,205	0,225	0,244	0,263	0,281	0,299	0,314	0,328
5,6	0,108	0,128	0,148	0,167	0,185	0,203	0,221	0,238	0,254	0,270	0,284	0,296
5,8	0,097	0,116	0,134	0,151	0,167	0,184	0,200	0,215	0,230	0,244	0,256	0,268
6,0	0,088	0,105	0,122	0,138	0,153	0,167	0,181	0,195	0,208	0,221	0,232	0,242
6,5	0,068	0,081	0,094	0,106	0,118	0,129	0,140	0,151	0,161	0,170	0,178	0,187
7,0	0,052	0,062	0,073	0,083	0,092	0,101	0,109	0,117	0,125	0,131	0,138	0,144
7,5	0,040	0,048	0,056	0,064	0,071	0,078	0,084	0,090	0,096	0,101	0,106	0,111
8,0	0,031	0,037	0,043	0,049	0,054	0,060	0,065	0,070	0,074	0,078	0,082	0,086
8,5	0,024	0,028	0,033	0,038	0,042	0,046	0,050	0,054	0,057	0,060	0,063	0,066
9,0	0,018	0,021	0,025	0,029	0,032	0,035	0,038	0,041	0,044	0,047	0,049	0,051
9,5	0,014	0,016	0,019	0,022	0,024	0,027	0,029	0,032	0,034	0,036	0,038	0,040
10,0	0,011	0,013	0,015	0,017	0,019	0,021	0,023	0,025	0,026	0,028	0,029	0,031

III. *Ueber die Einrichtung der Thermometer des Hrn. Walferdin.*

[Die Thermometer des Hrn. Walferdin haben in Paris einen gewissen Ruf erlangt, und sind bei verschiedenen, auch in den Annalen erwähnten Untersuchungen als sehr vollkommen gerühmt worden, ohne dafs bisher dem Auslande Gelegenheit gegeben wäre, sich ein bestimmtes Urtheil über dieselben zu bilden. Sie sind bisher weder beschrieben, noch, wie es scheint, käuflich zu haben. Kürzlich indefs hat Hr. W. einen Vortrag in der geologischen Gesellschaft zu Paris gehalten, worin er über die Anfertigung und Einrichtung seiner Instrumente einige Auskunft ertheilt; wir halten es daher für nützlich, diesen der Hauptsache nach hier mitzutheilen, so wie er im Bulletin der genannten Gesellschaft, T. XIII p. 113 veröffentlicht wurde. Auch das Bekannte darin dürfte nicht überflüssig seyn, da es wenigstens nicht allgemein anerkannt worden ist. *P.*]

Röhre. — Wenn man sich mit einigermafsen genauen Temperatur-Bestimmungen beschäftigen will, so mufs man auf Skalen verzichten, die auf Metall oder irgend einer anderen Substanz dem Thermometer angeheftet sind, oder die, wären sie auch selbst auf den Stiel des Instruments eingeschnitten, *unmittelbar* die Temperatur angeben. Eine solche directe Angabe der Temperatur setzt eine strenge Cylindricität der Röhren voraus, und diese ist bei der bekannten Anfertigungsweise der Röhren nicht zu erwarten.

Diesen Mangel an Cylindricität kann man berichtigen, wenn man einen kleinen Quecksilberfaden in die Röhre bringt, ihn, deren ganzer Länge nach, verschiebt, und folgweise den von diesem Faden eingenommenen

Raum, der gleiche Volume vorstellt, aufzeichnet. Um aber zu genauen Resultaten zu gelangen mufs man zu sehr feinen Methoden seine Zuflucht nehmen, damit man die Fehler vermeide, die aus der Refraction des Glases entspringen. Die sonach abgeaichten Räume werden mittelst einer Theilmaschine in Theile getheilt, die ohne Nachtheil von einem Aichpunkt zum andern von ungleicher Länge seyn können, da sie von gleicher Capacität sind.

Auf solche Weise erhält man auf dem Stiel selber eine Reihe Abtheilungen, die eine sogenannte willkührliche Skale bilden, und deshalb nicht unmittelbar die Temperatur angeben. Um diese zu erfahren, mufs man eine Hülfstafel entwerfen, und dabei sorgfältig die Punkte bezeichnen, wo die Kalibrirung unvollkommen seyn könnte, um sie berichtigen zu können.

Röhren, auf solche Weise getheilt, bediene ich mich zur Construction meiner Maxima- und Minima-Thermometer, so wie der andern noch zu erwähnenden Instrumente [1]).

Behälter. — Bekanntlich mufs die Gröfse des Behälters dem inneren Durchmesser der Röhre angemessen seyn, damit das Instrument den Gang erhalte, den man beabsichtigt. Es ist aber in gewissen Fällen nicht ohne Unbequemlichkeit, mehr die sphärische als die cylindrische oder spiralförmige Gestalt für den Behälter zu wählen.

Die spiralförmige Gestalt, welche man oft gewählt hat, weil sie eine grofse Menge der thermometrischen Flüssigkeit mit dem umgebenden Mittel in Berührung bringt, hat das Ueble, dafs sie auch eine grofse Glasoberfläche darbietet. Instrumente von dieser Form zei-

1) Wie Hr. W. im Speciellen die Kalibrirung bewerkstelligt, ob seine Methode verschieden sey von denen, die Rudberg entweder selbst anwandte oder in seiner Abhandlung (Annal. Bd. XXXX S. 562) erwähnt, ist nicht gesagt. *P.*

gen vorzugsweise die Erscheinung, dafs, bei Aussetzung einer höheren Temperatur und ehe diese in's Gleichgewicht gekommen, die Quecksilbersäule sinkt, statt zu steigen, weil der Behälter sich durch die Ausdehnung des Glases vergröfsert, und dafs sie dagegen durch Zusammenziehung desselben steigt, statt zu sinken, sobald sie einer abnehmenden Temperatur ausgesetzt werden.

Die cylindrische, an ihren Enden schwach eyförmige Gestalt scheint mir für die meisten Beobachtungen die zweckmäfsigste. Ich finde sie sogar vorzüglicher als die Kugelgestalt, weil diese, wie vortheilhaft sie auch sonst seyn mag, gewöhnlich die Röhre im Durchmesser übertrifft, und daher leicht zerbrochen werden kann. Die cylindrische Form läfst sich, wenn man ihr eine hinreichende Länge giebt, von gleichem Durchmesser machen als der Stiel hat, selbst wenn letzterer nicht 4 bis 5 Millimeter übersteigt; auch läfst sich, wenn dieser Behälter aus der Röhre selbst geblasen, leicht sehen, ob die Blase, welche man immer bei nicht vollkommen von Luft gereinigten Thermometern wahrnimmt, etwa im Halse des Behälters stecken bleibt. Wenn endlich das Instrument von einem geschickten Künstler ausgeführt wird, mufs es sich wie in Taf. III Fig. 8, 9, 10, in einem Ringe endigen, dessen gröfste Dimension nicht den Durchmesser der Röhre und des Behälters übertrifft, um es leicht aufhängen und zugleich, zur Beobachtung der umgebenden Temperatur, herumschleudern zu können.

Bestimmt man den Ausdehnungscoëfficienten des Glases, so kann man die scheinbare Ausdehnung des Quecksilbers auf die wahre zurückführen; allein man weifs noch nichts Gewisses über die Unterschiede, welche durch Härtung, Anlassen und selbst die Zusammensetzung des Glases entspringen können.

Bestimmung der festen Punkte. Nullpunkt. — Man weifs gegenwärtig, ohne recht die Ursache zu wissen, dafs bei einem Thermometer, unmittelbar nach seiner An-

fertigung, der Nullpunkt sich verschiebt, nämlich steigt. Diese Verschiebung findet statt, wenn man auch, wie es gute Künstler zu thun pflegen, die Vorsicht nimmt, das Quecksilber mehre Tage nach Anfertigung des Instruments niederzustofsen (*battre le mercure*); und selbst wenn das Thermometer schon sehr alt ist, zeigt sie sich noch, sowohl bei plötzlichen Temperaturänderungen, als in Folge des Drucks der Atmosphäre auf den Behälter, oder vermöge einer Aenderung des Molecularzustandes des Glases oder irgend einer andern Ursache.

Wenn endlich das Instrument der Temperatur des siedenden Wassers oder einer noch höheren ausgesetzt worden ist, hat man bemerkt, und ich selbst habe es bei Versuchen mit einer grofsen Anzahl sehr alter Thermometer wahrgenommen, dafs der Nullpunkt erstlich sinkt, und dann steigt.

Daher ist es auch nöthig, die dem Nullpunkt entsprechende Theilung zu verificiren ehe man das Thermometer zu sorgfältigen Beobachtungen anwendet.

Es reicht dazu nicht hin, dafs man blofs den Behälter in schmelzendes, zerstofsenes Eis oder in schmelzenden Schnee stecke; vielmehr mufs das Instrument eine hinlängliche Zeit bis zum Niveau des Quecksilbers in der Röhre untergetaucht werden, und das Gefäfs mufs unten mit Löchern versehen seyn, damit das aus der Schmelzung des Eises entstehende Wasser freier abfliefsen könne. Das einfachste und zugleich zweckmäfsigste Gefäfs zu diesem Behufe ist ein Holzcylinder, wie man sie leicht in Dörfern findet und als Stampfbüchse (*égrugeoir*) verkauft.

Siedpunkt. — Die Bestimmung des Siedpunkts bietet gröfsere Schwierigkeiten dar. Sie mufs bekanntlich in dem Dampf des siedenden Wassers vorgenommen werden, und das Instrument bis zum Niveau des Quecksilbers vom Dampf umgeben seyn.

Seitdem Rudberg gefunden, dafs der Dampf des

in

in einem Glasgefäfs siedenden Wassers die nämliche Temperatur hat wie der Dampf des Wassers, welches in einem Metallgefäfs siedet, kann man zu diesem feinen Versuch einen Glaskolben anwenden, der aber einen so langen Hals haben mufs, dafs er das Instrument bis zum Niveau des Quecksilbers aufnimmt. Man mufs dabei diesen Hals vor äufserer Erkaltung schützen, und darauf sehen, dafs er in keinem Punkt von dem Instrument berührt wird.

Allein die Nothwendigkeit, das Thermometer mit seinem ganzen Stiel in einen Dampfstrom zu bringen, erlaubt nicht, wie man glaubt, demselben eine grofse Länge zu geben, weil der Dampf, ungeachtet seiner steten Erneuung, in einer gewissen Entfernung von seinem Ausgangspunkt nicht mehr dieselbe Temperatur besitzt.

Es ist daher unumgänglich, dafs ein mit Sorgfalt construirtes Normalthermometer vom Schmelzpunkt des Eises bis zum Siedpunkt des Wassers nie mehr als drei bis vier Decimeter (132,99 bis 177,32 Par. Lin. etwa 11 bis 14$\frac{3}{4}$ Par. Zoll) lang sey.

Es folgt daraus, dafs das Instrument nothwendig einen kurzen Gang haben, und ein Grad nur eine sehr geringe Länge auf der Röhre einnehmen müsse.

Wenn es zu Beobachtungen von Lufttemperaturen bestimmt ist, braucht man es nur für einen Bereich von 50 Grad einzurichten, und dann ist sein Gang verdoppelt. Will man es aber zu genauen Beobachtungen anwenden, die sehr empfindliche Thermometer mit grofsen Graden erfordern, so ist man genöthigt zu dem seine Zuflucht zu nehmen, was man ein Thermometerspiel (*jeu de thermomètres*) nennt. Man giebt z. B. jedem einen Umfang von 15 Grad.

So geht das eine von 0° bis 15°
das zweite - 15 - 30
das dritte - 30 - 45 u. s. w.

so dafs es, bis zum Siedpunkt des Quecksilbers nicht weniger als 20 bis 25 Thermometer bedarf.

Die Schwierigkeit, bei einer solchen Anzahl von Thermometern jedem einen Umfang und eine Gröfse des Ganges zu geben, dafs sie alle vergleichbar wären, ist so grofs, dafs nur wenige Künstler im Stande sind ein solches Spiel zu verfertigen. Es würde immer sehr kostbar seyn, und überdiefs in seiner Handhabung und seinem Transport grofse Schwierigkeiten darbieten.

Um diese Uebelstände zu beseitigen habe ich gesucht ein Quecksilberthermometer zu construiren, welches für sich allein das erwähnte Thermometerspiel ersetzen kann, dabei eben so empfindlich ist als jedes in diesem, und nicht die Länge eines gewöhnlichen Thermometers übersteigt.

Metastatisches Quecksilberthermometer.

Dieses Instrument ist so eingerichtet, dafs man das Quecksilberniveau *nach Belieben* verändern, und somit, nach Bedürfnifs, für Temperaturen, die der, welche man mit Genauigkeit zu bestimmen wünscht, nahe liegen, ein eigenes Thermometer darstellen kann. Wegen der Verschiebbarkeit des Quecksilberniveaus habe ich dieses Differential-Thermometer ein *metastatisches* genannt (von *μεθ-ίστημι, verändern, verschieben, fortnehmen*).

Zur Construction desselben nehme ich ein sehr feines Haarröhrchen, dessen Mangel an Cylindricität nach dem angezeigten Verfahren berichtigt ist.

An einem seiner Enden hat es, wie ein gewöhnliches Thermometer, einen Behälter, von solchen Dimensionen, dafs wenn der Stiel eine Länge von 25 bis 30 Centimeter hat, die gesammte Anzahl der Abtheilungen seiner willkührlichen Skale etwa 15 Grad entspricht.

Das obere Ende des Stiels endigt sich in eine Kammer (Taf. III Fig. 8, 9, 10) von umgekehrter Kegelgestalt, deren Scheitel sehr ausgezogen ist. Dieser Kegel

und die Verlängerung seines Scheitels haben den Zweck, eine gewisse Menge Quecksilber, die von der im Behälter befindlichen nach Belieben abgetrennt worden ist, vertical schwebend zu erhalten, wie man es in Fig. 9 Taf. III abgebildet sieht. Um dahin zu gelangen steigert man die Temperatur bis das Quecksilber in die obere Kammer gestiegen ist (Fig. 10), und sobald das Instrument in eine Temperatur gebracht ist, die der mit Genauigkeit zu beobachtenden nahe liegt, neigt man es und giebt ihm einen leichten Stofs mit dem Finger, bis sich oben ein Stück der Quecksilbersäule ablöst, welches dann, wenn die Temperatur sinkt, in der Kammer hängen bleibt (Fig. 9).

Hierauf bringt man das Instrument in zwei Vergleichungsmittel (*milieux de comparaison*), und vergleicht die Endpunkte seiner Skale mit einem Normalthermometer. So kennt man die Anzahl der Abtheilungen seiner willkührlichen Skale, die einem Centesimalgrade entsprechen.

Das metastatische Quecksilber ist nun geregelt, und kann innerhalb der Gränzen seiner neuen Skale zu scharfen Temperaturbestimmungen angewandt werden, ohne befürchten zu dürfen, dafs das in der Kammer zurückbehaltene Quecksilber herunterfalle.

Will man hierauf das Instrument auf seinen Normalzustand zurückführen, sey es, um es in diesem Zustand anzuwenden oder zur Bestimmung anderer Temperaturen zu gebrauchen, so erwärmt man dasselbe, bis das Quecksilber im Stiel mit dem in der Kammer zurückgehaltenen (Fig. 9) wieder in Berührung kommt, und wenn diese Vereinigung stattgefunden hat (Fig. 10) läfst man die Temperatur langsam sinken, bis das Quecksilber wieder seinen früheren Platz in der Röhre eingenommen hat (Fig. 8 Taf. III).

Nichts ist leichter, wie man sieht, als dieses Instrument zu handhaben, da es immer möglich ist, die in die

konische Kammer zu bringende Quecksilbermenge nach Belieben zu vergröfsern und zu verringern, und folglich für diejenige Temperatur zu reguliren, die man für gut hält zum Ausgangspunkt zu wählen.

Anlangend den Vergleich des metastatischen Thermometers mit dem Normalthermometer, so geschieht derselbe mit desto gröfserer Genauigkeit als die wesentlichste Bedingung dazu, die vollkommene Identität der Behälter, hier leicht zu erfüllen ist. Denn die beiden, obwohl im Gange sehr verschiedenen Instrumente, können in der Gestalt und Capacität ihrer Behälter strenge identisch seyn, da das erstere eine sehr capillare Röhre besitzt, um nicht mehr als etwa 15 Grad zu umspannen, das letztere aber eine Röhre von ziemlich weitem Durchmesser hat, um auf derselben Länge mehr als 100 Grad zu fassen.

Aus Vorstehendem ersieht man, wie ein *einziges* Instrument ein ganzes Thermometerspiel von grofsem Umfang der Skale ersetzen kann. Es erlaubt Temperatur-Unterschiede, entsprechend einem Hundertel eines Centesimalgrades, *direct abzulesen*, und behält für alle Fälle, wo man es anwendet, d. h. für alle Temperaturen, die das Quecksliber anzuzeigen vermag, gleiche Empfindlichkeit.

Es ist seltner als man gemeiniglich glaubt, dafs ein Quecksilberthermometer vollkommen luftfrei sey; und bei den gewöhnlichen Thermometern ist es oft unmöglich, die Luftblase, die sie fast immer enthalten, aus dem Behälter in den oberen Theil der Röhre zu bringen. In dem metastatischen Thermometer ist es dagegen sehr leicht diese Luftblase in der konischen Kammer an seinem Ende zu sehen. Die aus der Parallaxe entspringenden Fehler endlich, die in den Thermometern von kurzem Gang bis auf einen Centigrad steigen können, sind beim metastatischen Thermometer, wenn man sie nicht vermeiden könnte, von keinem Belang, da das Instrument keinen sehr grofsen Gang besitzt.

Metastatisches Weingeistthermometer.

Zu genauen Untersuchungen, bei denen es auf die Ermittlung geringer Temperaturschwankungen ankommt, bediene ich mich eines Instruments, welches noch geringere Unterschiede angiebt als das metastatische Quecksilberthermometer.

Um diesem Instrument eine hinlängliche Empfindlichkeit zu geben, ohne dafs sein Behälter ein gröfseres Volum besitzt als das eines gewöhnlichen Thermometers vom kleinsten Durchmesser, und ohne dafs seine Länge über 2 bis 3 Decimeter hinausgeht, wende ich eine Röhre von solcher Capillarität an, dafs, wenn man an das eine Ende derselben einen Behälter angeblasen hat, die zur Füllung dieses bestimmte thermometrische Flüssigkeit, Quecksilber, auf die gewöhnliche Weise nicht hineinzubringen ist; allein der Alkohol, die Innenwand dieser Röhre benetzend, geht hinein, und füllt Röhre und Behälter. Die sonach vom Alkohol benäfste Röhre erlaubt ein Tröpfchen Quecksilber hineinzubringen, und dieses Tröpfchens bediene ich mich als Zeiger. Man sieht dasselbe an der 405ten Abtheilung der willkührlichen Skale des in Fig. 11 Taf. III abgebildeten Instruments.

Dieses Instrument endigt oben zur Seite in einem kleinen Sack (*panse*), bestimmt das Quecksilbertröpfchen aufzunehmen, welches man, wenn man will, in die Mündung der Röhre zurückfallen läfst.

Man begreift, dafs dieses Tröpfchen, einmal in die Röhre eingebracht, vermöge der Zusammenziehung und Ausdehnung des den Behälter füllenden Alkohols sinkt und steigt, und sich bei der geringsten Temperaturveränderung mit Schnelligkeit bewegt.

Giebt man dem cylindrischen Behälter des metastatischen Weingeistthermometers 4 bis 5 Millimeter Durchmesser auf 8 bis 10 in die Länge, so erhält man ein Instrument, welches bei nur 2 bis 3 Decimeter Länge den tausendsten Theil eines Centesimalgrades zu beobachten erlaubt, als entsprechend dem Werthe jeder Abtheilung

die man noch mit blofsem Auge, ohne Hülfe eines Kathetometers und selbst ohne eine zur Berichtigung der Effecte der Parallaxe angewandte Lupe weiter eintheilen kann.

Ein einziges dieser Instrumente, zweckmäfsig regulirt, wie das, welches ich der Gesellschaft vorlege, kann die geringsten Unterschiede bei allen dem Alkohol erträglichen Temperaturen anzeigen, da man immer im Stande ist, das Quecksilbertröpfchen bei der zum Ausgangspunkt gewählten Temperatur in die Röhre zu bringen. Dieses Instrument, dessen Umfang für die ganze Länge seiner Skale wenigstens einen Centigrad entspricht, ersetzt also für sich allein die Thermometerröhre von grofsem Gang, die nothwendig ist, um bei diesen verschiedenen Temperaturen mit Genauigkeit zu beobachten; und da die Ausdehnung des Alkohols weit beträchtlicher ist als die des Quecksilbers, so kann der Behälter weit kleiner seyn als bei einem Quecksilberthermometer mit dem engsten Haarröhrchen.

Der Behälter des metastatischen Alkoholthermometers braucht demnach nur eine sehr kleine Masse zu haben, und somit ist die wesentliche Bedingung erfüllt, um den zu untersuchenden Körpern die möglichst geringste Wärmemenge zu entziehen.

Folgendermafsen regulire ich diefs Instrument, um die Temperatur der Thiere zu beobachten, z. B. um die geringen Unterschiede zu beobachten, die ich in der Temperatur des Menschen aufgefunden habe.

Im Voraus wissend, dafs diese nahe an 37° C. liegt, stelle ich das metastatische Alkoholthermometer in ein Vergleichungsmittel von etwa 37°,50, dabei das Quecksilbertröpfchen in den seitlichen Sack zurückhaltend.

Hierauf schütte ich diefs Tröpfchen aus dem Sack in den Hals der Kammer, so dafs es in die Röhre tritt sogleich wie die Temperatur des Mittels zu sinken beginnt. Ich merke mir alsdann den Punkt der willkührlichen Skale des metastatischen Thermometers, wo es

sich mit der von dem in demselben Medio stehenden Thermometer angezeigten Temperatur in Gleichgewicht hält, z. B. bei der Zahl 70, d. h. der 700sten Abtheilung des metastatischen Thermometers, Fig. 11, wenn das Normalinstrument 37°,40 anzeigt.

Bei Anstellung eines Versuchs beobachte ich zuvörderst den Punkt, wo das Tröpfchen bei der gesuchten Temperatur stehen bleibt, z. B. bei der 405ten Abtheilung. Darauf, wenn die Temperatur des Mittels, welches zu dem ersten Vergleich gedient hat, sich unter die gesenkt hat, bei welcher das Tröpfchen während des Versuchs stehen blieb, z. B. bei 36°,40, tauche ich das metastatische und das Normalthermometer abermals in diefs Mittel. Das Tröpfchen sinkt alsdann in der Röhre hinab, z. B. bis zum Nullpunkt, der demnach 36°,40 entspricht. Aus den beiden sonach an den äufsersten Punkten der Röhre des metastatischen Thermometers gemachten Vergleichungen leite ich den Werth eines Grades in Theilen von seiner willkührlichen Skale ab. In dem gewählten Beispiele entspricht der Grad 700 Abtheilungen, weil in dem Mittel von 37°,40, welches zur ersten Vergleichung gedient hat, das Tröpfchen sich auf der 700sten Abtheilung des metastatischen Thermometers befand, und weil es in dem Mittel von 36°,40 auf Null war. Ich addire also zur Vergleichungs-Temperatur 36°,40 die dem Werth von 405 Abtheilungen entsprechende Temperatur, welche, da 700 Abtheilungen auf einen Grad kommen, gleich ist 0°,578, und so finde ich, dafs die bei dem Versuch beobachtete Temperatur ist: 36°,40+0°,578 oder 36°,978.

Zu bemerken ist, dafs die Unregelmäfsigkeit der Ausdehnung des Alkohols hier von keiner Wichtigkeit ist, weil das Instrument einerseits nur einen einzigen Grad bespannt, und andererseits für eine Temperatur regulirt wurde, die von der zu beobachtenden wenig abliegt. Die Berichtigung also, die bei einem gewöhnlichen Wein-

geistthermometer wegen der Unterschiede in der Ausdehnung seiner Flüssigkeit bis zu der Vergleichungstemperatur zu machen wäre, ist hier vollständig ausgemerzt, da die letztere Temperatur vom Quecksilberthermometer angegeben wird.

Man sieht also, daſs dieſs Differentialthermometer zu den verschiedenartigsten und empfindlichsten Versuchen dienlich ist. Es ersetzt das Differentialthermometer von Leslie, das Thermoskop von Rumford und den thermo-elektrischen Apparat in vielen Fällen wo ihre Anwendung Unsicherheit oder Schwierigkeiten darbieten.

Die Gestalt des Behälters kann übrigens am metastatischen Weingeistthermometer so abgeändert werden, daſs man die Unterschiede in der specifischen Leitungsfähigkeit der Körper studiren und annähernd messen kann. Ich will einige angeben, die ich zu verschiedenem Behufe gewählt habe.

Wenn man die Röhre etwas weniger capillar nimmt als bei dem Instrument Fig. 11 und dem Behälter die in Fig. 12 abgebildete Gestalt giebt, so wird das metastatische Thermometer speciell geeignet, die Temperatur-Unterschiede ebener Flächen, dünner Blättchen u. s. w. anzugeben, und das zu diesem Behufe von Fourier angewandte *Contact-Thermoskop* oder *-Thermometer* [1]) zu ersetzen.

Mit einem wie Fig. 14 gestalteten Behälter kann man sich desselben als eines thermometrischen Behälters bedienen, und dann die Wärmecapacität der Körper bestimmen, wenn diese, wie bei der Dulong'schen Methode, gepülvert worden sind, und darauf in die Höhlung, also gleichsam in das Innere, des Thermometers gebracht werden. Auch kann man auf solche Weise an Flüssigkeiten, die in den Behälter gegossen werden, die geringsten Temperatur-Veränderungen ermitteln, welche

1) S. Annalen, Bd. XIII S. 327.

sie in Folge einer Verbindung, Vermischung, Verdampfung oder Krystallisation erleiden.

Endlich sieht man aus Fig. 13 Taf. III, dafs dem Behälter eine solche Gestalt gegeben werden kann, dafs es in einer gröfseren Ausdehnung als irgend ein anderes Thermometer, cylindrische Röhren, z. B. Barometerröhren unmittelbar berührt z. B. dem halben Umfang nach umfafst.

Schliefslich mag noch die schon gemachte Bemerkung wiederholt seyn, dafs zu allen genauen Beobachtungen nur solche Thermometer anwendbar sind, die eine auf die Röhre selbst aufgetragene, willkührliche und dann durch sorgfältige Kalibrirung genau bestimmte Skale besitzen.

IV. *Ueber den vergleichenden Gang der Quecksilberthermometer aus verschiedenen Glassorten; von Hrn. J. J. Pierre.*

(*Ann. de chim. et de phys. Ser. III T. V p.* 427. — Mit einigen Abkürzungen.)

In einer kürzlich in die *Annal. de chimie et de physique* eingerückten Abhandlung hat Hr. Regnault gezeigt, dafs zwei Quecksilberthermometer, die beim Frost- und Siedpunkt mit einander stimmen, es nicht mehr thun in höheren Temperaturen, sobald sie nicht aus einer und derselben Glassorte angefertigt sind [1]).

Es schien mir wichtig zu untersuchen, ob diese Nicht-Uebereinstimmung sich schon zwischen 0° und 100° zeigen würde, und ob, bei Beobachtung umgebender Temperaturen, zwei Thermometer von gewöhnlicher Form, aber mit Behältern aus verschiedenen Glassorten, unter

1) S. Seite 214 und 215 dieses Bandes.

gleichen Umständen genau dieselbe Temperatur anzeigen würden. Die zahlreichen Anwendungen des Quecksilberthermometers auf die Meteorologie und fast alle beobachtenden Wissenschaften machten einen Vergleich dieser Instrumente unter sich nothwendig. Zu diesem Vergleich, zu dem ich durch Hrn. Regnault selbst aufgefordert wurde, und das physikalische Laboratorium des College de France zu meiner Verfügung erhielt, bediente ich mich dreier Paare Thermometer. Jedes Paar bestand aus einem Thermometer mit Behälter aus Krystallglas und einem Thermometer mit Behälter aus gewöhnlichem Glase. Ich nahm absichtlich gewöhnliches und Krystallglas zu den Behältern, um die Unterschiede in den Angaben, die zwei Thermometer bei wirklich gleicher Temperatur unter möglichst gleichen Umständen liefern, gröfser zu machen. Die Stiele jedes Thermometerpaares waren aus einem selben möglichst cylindrischen Haarröhrchen verfertigt, und mit der gröfsten Sorgfalt kalibrirt, getheilt und verificirt [1]). Der Behälter von gewöhnlichem Glase

1) Ich will hier ausführlich die bei diesen Thermometern befolgte Anfertigungsweise beschreiben; es ist dieselbe, welche Herr Regnault in seinen Vorlesungen am College de France auseinandersetzt und auch zu seinen Instrumenten angewandt hat. Ich halte diese Beschreibung für nützlich, einerseits damit man beurtheilen könne, welchen Grad von Zutrauen meine Resultate verdienen, und andererseits, um Personen, die genaue Thermometer construiren wollen, mit dieser Methode vertraut zu machen.

Man beginnt damit, aus einer grofsen Zahl von Haarröhrchen, die keine sichtbaren Mängel, als Sandkörner, örtliche Unregelmäfsigkeiten u. s. w., zeigen, solche auszuwählen, deren Kaliber möglichst nahe cylindrisch ist, wovon man sich wie gewöhnlich überzeugt, wenn man eine Quecksilbersäule darin entlang führt, und beobachtet, ob sie immer dieselbe Länge behalte. Die Röhren müssen überdiefs inwendig sehr rein seyn.

Wenn die Röhre von etwas weitem Kaliber ist, bringt man reine concentrirte Salpetersäure hinein und erhitzt dieselbe. Dadurch werden Staubtheilchen und fettige Substanzen zerstört, und wenn man nun mehrmals destillirtes Wasser in die Röhre bringt, sie vorsichtig

rard an einen der Stiele angeschmolzen, der von Krytallglas an den andern; beide hatten dieselbe cylindriche Form, dieselbe Länge, und waren aus Röhren von ahe gleicher Dicke und gleichem Durchmesser geblasen.

trocknet, so erhält man sie vollkommen rein. Bei einer sehr capillaren Röhre ist diese Reinigung schwierig.

In diese Röhre bringt man nun eine Quecksilbersäule von etwa 20 Millimeter Länge, und legt sie auf eine Theilmaschine, *dergestalt, daſs ihre Axe zusammenfällt mit der Axe des Gestells,* welche bestimmt ist, ihr eine Rotationsbewegung um sich selbst zu geben

Ein Mikroskop (*lunette*) mit Fadenkreuz, befestigt an dem Schlitten der Maschine, der das Reiſserwerk trägt, erlaubt die Lage der beiden Enden der Quecksilbersäule genau zu bestimmen.

Nachdem man das Fadenkreuz auf das linke Ende der Säule gestellt und die Lage des Zeigers auf der festen Skale, auf welcher derselbe sich bewegt, aufgezeichnet hat, dreht man die Schraube und führt dadurch das Mikroskop auf das rechte Ende der Säule. Die Anzahl von ganzen Schraubengängen und deren Bruchtheilen, welche man sorgfältig aufzeichnet, giebt die Länge der von der Quecksilbersäule eingenommenen Strecke.

Durch eine umgekehrte Drehung der Schraube führt man nun das Mikroskop auf den Ausgangspunkt zurück, um zu sehen, ob sich nicht das linke Ende der Quecksilbersäule verschoben habe.

Nach dieser Prüfung zieht man auf die Röhre mittelst eines sehr feinen Pinsels einen Strich an jedem Ende des so bestimmten Intervalls.

Es ist wichtig zu bemerken, daſs es diese, sorgfältig auf ein Blatt Papier geschriebene Länge der Säule ist, welche zu unserer Kalibrirung dienen wird. Die mit dem Pinsel auf die Röhre gezogenen Striche dienen nur dazu, zwei aufeinanderfolgende Intervalle leichter End an End zu stellen.

Man läſst nun die Quecksilbersäule vorrücken, so daſs ihr linkes Ende so genau wie möglich die Lage annimmt, welche zuvor ihr rechtes Ende einnahm, und man miſst wie zuvor mit der Schraube ein zweites Intervall von gleicher Capacität mit dem ersten, versichert sich, wie vorhin, der unveränderten Lage der Quecksilbersäule, und schreibt es mit derselben Sorgfalt auf.

Nachdem man auf das rechte Ende der Säule abermals einen Strich mit dem Pinsel gezogen hat, läſst man diese wiederum vorrücken, bis ihr linkes Ende diesen neuen Strich erreicht, und so fährt man fort eine Länge der Röhre, gleich der der Schraube, in

Jeder Centigrad entsprach drei bis vier der auf die Röhre gezogenen Abtheilungen.

Um den Siedpunkt zu bestimmen, steckte man die Thermometer mittelst eines Pfropfens durch den Deckel

Intervalle von gleicher Capacität zu theilen, dabei immer sich versichernd, ehe man das Resultat jeder partiellen Operation niederschreibt, dafs das linke Ende der Quecksilbersäule sich nicht verrückt habe.

Man schiebt nun die Röhre auf ihrer Unterlage entlang und führt die Schraube auf ihren Ausgangspunkt zurück.

Bei der Construction der Thermometer, deren ich mich bediente, theilte ich von dem zuletzt auf die Röhre gezogenen Striche an ein zweites Stück derselben, wie vorhin, in Intervalle von gleicher Capacität, verfuhr eben so, wenn es nöthig war, mit einem dritten Stück, bis solchergestalt eine Länge der Röhre kalibrirt worden, die für die beiden Stiele eines jeden des zu meinen Versuchen dienen sollenden Thermometerpaares hinreichte.

Nach Beendigung dieser Operation überzieht man die Röhre mit einer dünnen Schicht eines Gemisches von Kupferstecherfirnifs und Wachs. Dieser Ueberzug, nachdem er auf der Röhre geschmolzen worden, ist so durchscheinend, dafs er die zuvor mit dem Pinsel gemachten Striche sehen läfst.

Wir können nicht genug daran erinnern, dafs die wahren Gränzen der Intervalle von gleicher Capacität, deren Längen sorgfältig aufgezeichnet wurden, *durch die Verschiebungen des Mikroskops* bestimmt sind, und dafs die Pinselstriche nur dazu dienen, die *Auffindung derselben* im Laufe der Operationen zu erleichtern.

Man ajustirt nun sorgfältig die Röhre auf ihrer drehbaren Unterlage, und theilt jedes der vorhin bestimmten Intervalle mittelst einer Stahlspitze, die als Reifser dient, in dreifsig gleiche Theile.

Es ist wichtig hier zu bemerken, dafs derjenige Theil der Schraube, der zur Eintheilung eines jeden Intervalls benutzt wird, genau derselbe ist, der vorhin zur Bestimmung von dessen Länge gedient hat, und dafs man demgemäfs unabhängig ist von den Unregelmäfsigkeiten der Schraube.

Ist diese Eintheilung für die ganze Länge der Schraube beendigt, und hat man auf dem Firnifs mittelst eines Stichels jede zehnte Abtheilung mit der gehörigen Zahl versehen, so setzt man die Röhre in einem kleinen Troge von Blei der Wirkung des Dampfs von Fluorwasserstoffsäure aus, mit der Vorsicht, das noch nicht eingetheilte Stück der Röhre sorgfältig vorher mit Firnifs zu überziehen.

Man läfst den Dampf eine hinreichende Zeit auf die Röhre wir-

eines Blechgefäſses, in welchem Wasser zum Sieden gebracht wurde. Der im Innern dieses Gefäſses gebildete Dampf ist genöthigt, nachdem er um die Thermometer circulirt hat, durch den ringförmigen Raum zu streichen,

ken, zwanzig Minuten, wenn die Striche ohne Fernrohr deutlich sichtbar seyn sollen, dagegen nur zehn Minuten, wenn man sie mit einem Fernrohr beobachten will. Sie sind alsdann viel zarter.

Die gasförmige Fluorwasserstoffsäure hat vor der flüssigen den Vortheil, daſs sie äuſserst feine Striche giebt, die mattweiſs sind, und dadurch sichtbar bleiben trotz der ungemeinen Zartheit, die man ihnen lassen kann, wenn man sie mittelst eines Fernrohrs ablesen will.

Die flüssige Säure hingegen giebt fast immer polirte Striche, die nur gut sichtbar sind, wenn die Röhre stark geritzt ist. Diese Striche können zu Fehlern im Ablesen Anlaſs geben, in Folge der Brechung, die durch ihre schiefen Flächen hin die vom Scheitel der Quecksilbersäule ausgehenden Strahlen erleiden. Dieſs ist ein sehr groſser Uebelstand, vor allem bei Stielen mit sehr gedrängter Theilung, wie sie Thermometer haben müssen, die sehr kurz sind und doch eine groſse Genauigkeit geben sollen.

Sobald der graduirte Stiel länger ist als die Schraube reicht (und das war der Fall bei allen Thermometern, deren ich mich zu meinen Versuchen bediente), so überzieht man mit demselben Firniſs ein zweites Stück der Röhre neben dem ersten; führt die Schraube auf ihren Ausgangspunkt zurück und befestigt abermals die Röhre auf ihrer horizontalen drehbaren Unterlage, so daſs sie die nämliche Lage einnimmt wie in dem zweiten Bereich der vorläufigen Operation des Kalibrirens.

Hierauf, da das Mikroskop mittelst seiner Stellschraube so ajustirt ist, daſs das Fadenkreuz mit dem vom Reiſser auf dem Firniſs gemachten Strich zusammenfällt, braucht man nur dieſs Kreuz auf den letzten bei der vorherigen Operation gemachten Strich einzuzustellen, um genau unter denselben Umständen zu seyn wie wenn man einen schon angefangenen Bereich weiter fortgesetzt hätte. Die Anschlieſsung (*raccordement*) geschieht mit der gröſsten Genauigkeit.

Fügen wir noch hinzu, daſs der Theil der Schraube, der zum Ziehen der Abtheilungen eines jeden Intervalls dienen soll, noch derselbe ist, welcher zur Bestimmung der Länge desselben bei der Kalibrirung des zweiten Bereichs gedient hat.

Auf dieselbe Weise und mit denselben Vorsichtsmaſsregeln setzt man diesen zweiten Bereich von Abtheilungen den sauren Dämpfen aus; und darauf schreitet man zur Eintheilung eines dritten Bereichs wenn es nöthig ist.

den zwei concentrische Hüllen zwischen sich lassen. Diese doppelte Hülle hat den Zweck zu verhüten, dafs der Dampf durch Berührung mit der äufseren Luft erkalte, ehe er durch das Seitenrohr in die Atmosphäre tritt.

Wenn die Schraube der Maschine vollkommen und die Röhre wenig unregelmäfsig ist, so leuchtet ein, dafs die eben beschriebene Eintheilungsmethode vollkommene Stiele liefert, d. h. Stiele, bei denen für die ganze Länge der Röhre der Zwischenraum zwischen zwei benachbarten Theilstrichen einem mathematisch constanten Volum entspricht. Eine Prüfung der mit allen diesen Vorsichtsmafsregeln getheilten Röhren zeigt, dafs man mit ein wenig Uebung diesem Resultat sehr nahe kommen kann.

Indefs um in dieser Beziehung nichts zu wünschen übrig zu lassen, um die kleinsten etwa vorhandenen Unvollkommenheiten aufzufinden und in Rechnung zu ziehen, ist es zweckmäfsig jede getheilte Röhre einer besonderen Prüfung zu unterwerfen, und das habe ich bei allen meinen Thermometern gethan.

Ich bediene mich zu dieser Prüfung eines besonderen Apparats, der nach der Angabe des Hrn. Regnault von Hrn. Deleuil verfertigt worden ist. Dieser besteht aus zwei kleinen Mikroskopen (*lunettes*), jedes versehen mit einem Fadenkreuz, und verschiebbar parallel mit dem andern in einer horizontalen Metallnuthe, auf welcher die Axen beider senkrecht sind.

Diese beiden Mikroskope dienen dazu, die Enden der Quecksilbersäule, die man zum Behufe der Prüfung in den Stiel bringt, ohne Parallaxe bestimmen zu können.

Nachdem man in den zu prüfenden Stiel eine Quecksilbersäule von willkührlicher Länge gebracht hat, legt man denselben horizontal auf eins der beiden Messinglineale, welche eine Nuthe bilden, und erhält ihn mittelst kleiner Federn (*brides à ressort*) dieser Nuthe parallel.

Man bringt das eine Ende der Quecksilbersäule auf den Nullpunkt der auf die Röhre gezogenen Graduirung, visirt mit einem der beweglichen Mikroskope darauf, und verschiebt das andere Mikroskop in der Nuthe, bis deren Fadenkreuz mit dem andern Ende der Quecksilbersäule zusammenfällt.

Nachdem man sich durch das erste Mikroskop versichert hat, dafs das erste Ende der Quecksilbersäule, welches das linke seyn mag, noch auf dem Nullpunkt der Theilung steht, zeichnet man sorgfältig die Abtheilung und ihre Bruchtheile auf, welche dem rechten Ende entsprechen.

Dadurch, dafs man die Röhre neigt und ihr kleine Stöfse giebt,

Dieses Rohr hatte einen Durchmesser von ungefähr 28 Millimeter. Eine kleine, mit der inneren Hülle gemeinschaftende Tubulatur erlaubte, mittelst eines kleinen Wassermanometers, sich zu versichern, ob der in-

führt man das linke Ende der Quecksilbersäule in eine neue Lage, z. B. auf die zehnte Abtheilung, und versichert sich davon mit dem linken Mikroskop, welches man zu dem Ende verschiebt; man verschiebt das rechte Mikroskop bis es genau auf das rechte Ende der Quecksilbersäule visirt, und nachdem man sich überzeugt, dafs das linke Ende dieser Säule noch genau mit der zehnten Abtheilung coïncidirt, schreibt man auf, welche Abtheilung und Bruchtheil derselben dem andern Ende entspricht. Hierauf läfst man die Quecksilbersäule fortgleiten, bis ihr linkes Ende mit der zwanzigsten Abtheilung zusammenfällt u. s. w., und so fährt man fort, bis die Säule die ganze getheilte Länge des Stiels durchlaufen hat.

Statt die Säule auf einmal eine Länge von zehn Abtheilungen zu verschieben, kann man sie offenbar bei jeder einzelnen Operation eine weniger grofse Zahl von Abtheilungen, z. B. fünf, durchlaufen lassen. Wenn man indefs die Stiele mit grofser Sorgfalt ausgewählt und kalibrirt hat, so ist es nicht nöthig sich auf so kleine Verschiebungen der Prüfungs-Säule zu beschränken.

Nachdem man diese Prüfung ausgeführt, macht man eine zweite mit einer Quecksilbersäule von anderer Länge, die aber so viel wie möglich kein Multiplum oder Submultiplum der ersteren seyn mufs. Mit denselben Vorsichtsmafsregeln macht man mit Quecksilbersäulen von anderen Längen noch drei oder vier.

Eine sehr wichtige Vorsicht, die man bei diesen Operationen niemals verabsäumen mufs, besteht darin, sich am Ende der Operation zu versichern, dafs die Quecksilbersäule ihre Länge nicht durch eine Temperaturänderung geändert habe. Zu dem Ende führt man die Quecksilbersäule auf den Theil der Röhre zurück, welcher der ersten Prüfung unterworfen wurde, und sieht zu, ob sie daselbst noch dieselbe Länge einnimmt wie zuvor.

Die Anzahl der Abtheilungen und deren Bruchtheile, welche die Verschiebung des rechten Endes der Säule ausdrückt, ist offenbar gleichwerthig der Anzahl von Abtheilungen, um welche das linke Ende derselben Säule verschoben worden ist, d. h. in dem gewählten Falle, um zehn Abtheilungen.

Die Anwendung mehrer Quecksilbersäulen von verschiedener Länge, die nicht in einem einfachen Verhältnifs zu einander stehen, gestattet, entweder geradezu mittelst jeder von ihnen oder durch eine zweckmäfsige Combination derselben, die verschiedenen Theile der Capaci-

nere Druck dem äufsern gleich sey. Der Behälter des Thermometers und der Stiel desselben, so weit er Quecksilber enthielt, waren vollständig in den Wasserdampf getaucht und aufser Berührung mit der siedenden Flüssigkeit. Der Kessel ist ganz dem ähnlich, welchen Hr. Regnault beschrieben hat [1]).

Zur Bestimmung des Nullpunkts umgab man den Behälter und die Quecksilbersäule mit sehr fein zerstofsenem Eise. Diefs Eis befand sich in einem cylindrischen Gefäfse, dessen Boden durchlöchert war, um das aus der Schmelzung des Eises entstehende Wasser abfliefsen zu lassen.

Wenn der Druck, unter welchem das Wasser siedete,

tät des Stiels in Function von einander oder alle in Function des regelmäfsigsten auszudrücken, d. h. desjenigen, in welchem die Quecksilbersäule bei ihrer Verschiebung am wenigsten ihre Länge veränderte.

Da dieser durchaus regelmäfsige Theil keine grofse Länge haben kann, so ist einleuchtend, dafs man die Gränzen desselben mittelst einer kurzen Säule ermitteln müsse.

Die Anwendung langer Säulen erlaubt, sehr weit abständige Theile des Stiels in Function von einander, unabhängig von dem Werth der dazwischen liegenden Theile zu bestimmen.

Man erhält sonach alle nöthigen Angaben um eine oder mehre Berichtigungstafeln zu construiren, d. h. eine oder mehre Tafeln, in welchen die Zahlen der auf dem Stiel angegebenen Abtheilungen sämmtlich ausgedrückt sind in Normal-Abtheilungen oder in Abtheilungen einer idealen, vollkommen cylindrischen Röhre von gleichem Durchmesser mit dem Theil der Röhre, welchen man zu diesen Normal-Abtheilungen erwählt hat.

Wenn alle diese Prüfungen wohl ausgeführt sind, können offenbar die verschiedenen Berichtigungstafeln, die man daraus ableitet, nur noch äufserst kleine Unterschiede darbieten.

Sobald die Röhren nach dem vorhin beschriebenen Verfahren kalibrirt worden, sind die Berichtigungen, welche man durch diese Prüfungsmethode findet, immer äufserst klein und oft ganz zu vernachlässigen.

1) *Ann. de chim. et de phys. Ser. III T. IV.* (Annalen, Bd. LV Taf. IV Fig. 6.)

dete, nicht genau 760 Millimeter betrug, und diefs war meistens der Fall, so nahm man an, dafs ein Druckunterschied von $\pm 26^{mm},7$ einem Unterschied von ± 1 Centigrad in der Siedhitze des Wassers entsprach.

Um den Werth von 100 Graden der Centesimalskale in Abtheilungen der Röhre festzusetzen, bestimmte man immer den Siedpunkt vor dem Nullpunkt, eine Vorsicht, die bekanntlich nicht gleichgültig ist, da der Nullpunkt, wenn man das Thermometer auf 100 erhitzt, eine Verschiebung erleidet.

Ehe man die festen Punkte der Thermometerskale aufzeichnete, liefs man die Quecksilbersäule wenigstens eine halbe Stunde lang stillstehen.

Der Stiel eines jeden Thermometers hatte oben ein Behälter voll ganz trockner Kohlensäure, damit die Quecksilbersäule immer unter gleichem Druck verbleibe.

Während der Bestimmung des Nullpunkts und während der des Siedpunkts blieben die beiden Thermometer eines jeden Paars beständig mit ihren Behältern dicht neben einander und mit den Stielen parallel unter sich. Behälter und Stiel wurden bei dem Versuch immer auf dieselbe Weise und gleichzeitig in das zur Erhöhung ihrer Temperatur bestimmte Mittel getaucht. Endlich blieben sie während den Zwischenzeiten der verschiedenen Versuchsreihen, zu denen sie dienten, ebenfalls neben einander, in dasselbe Mittel eingetaucht.

Zwei so construirte Thermometer befanden sich offenbar unter den günstigsten Umständen, um eine etwa vorhandene Verschiedenheit ihres Ganges, bei wirklich gleicher Temperatur, zum Vorschein zu bringen.

Um mit beiden Thermometern eines jeden Paars die vergleichenden Beobachtungen anzustellen, legte man sie horizontal neben einander, und genau auf dieselbe Weise in einen Kasten mit Wasser, welches *während der ganzen Dauer der Versuche* beständig umgerührt wurde.

Jede Versuchsreihe dauerte acht bis zehn Stunden,

und man traf dabei die Vorsicht, nur die *Maxin*
Temperatur zu beobachten, d. h. wenn die Tem
sich derjenigen näherte, bei welcher man eine Be
tung machen wollte, so schwächte man das Feuer,
die Temperatur durch die gewöhnlichen Hülfsmi
stationär wie möglich, und wartete bis die Tem
zu sinken anfing. Da die Stiele beider Thermome
rizontal und einander parallel lagen, so konnte i
beiden die Quecksilbersäule beobachten, und an
das Maximum wahrnehmen, welches gewöhnlich
Minuten anhielt. Diese Beobachtung geschah mitt
nes kleinen Fernrohrs (*lunette*) von solcher Einri
dafs man zugleich beide Thermometer ablesen ko

[Der Verf. theilt nun seine Vergleiche ausf
mit; wir begnügen uns hier, diejenigen daraus he
heben, die dem kleinsten und gröfsten Unterschie
sprechen.

Reihe.	Thermometer.			Reihe.	Thermometer.	
Erste	No. I.	No. II.	Untersch.	Vierte	No. V.	No. VI.
	52°,32	52°,33	—0°,01		88°,26	88°,27
	59 ,04	58 ,91	+0 ,13		73 ,49	73 ,32
Zweite	No. I.	No. II.		Fünfte	No. VII.	No. VIII.
	72°,39	72°,40	—0 ,01		61°,75	61°,76
	45 ,56	45 ,44	+0 ,12		83 ,11	83 ,01
Dritte	No. III.	No. IV.				
	51°,32	51°,35	—0 ,03			
	72 ,38	72 ,25	+0 ,13			

Die Unterschiede der verglichenen Thermomet
ten übrigens einen wenig regelmäfsigen Gang, u
weilen waren sie bei auf- und absteigender Temp
an gleichen oder nahe gleichen Punkten der Ska
trächtlich verschieden. So zeigten No. I und II i
zweiten Reihe erstlich: 71°,88 und 71°,80, also l
schied: +0,08, und dann: 72°,39 und 72°,40, als
terschied: —0,01. *P.*]

Bei den *ersten vier Versuchsreihen* hatten die
mometer No. I, III, V Behälter von Krystallgla
No. II, IV, VI von gewöhnlichem Glas.

Aus der dritten Kolumne jeder Reihe kann man er-
ben, dafs die Unterschiede im Allgemeinen sehr klein
nd, und dafs die gröfsesten nicht immer zwischen die-
lben Temperaturgränzen fallen; die Constanz der Zei-
en dieser Unterschiede, scheint indefs anzudeuten, dafs
*ter gleichen Umständen und zwischen den beiden festen
unkten der hunderttheiligen Skale das Thermometer mit
ehälter von Krystallglas dem mit Behälter von ge-
öhnlichem Glase ein wenig vorausgeht.*

Die Sorgfalt, mit welcher diese Stiele geprüft wor-
n sind, erlaubt kaum die Unterschiede Fehlern in der
alibrirung zuzuschreiben; wenigstens wäre es sehr un-
wöhnlich, wenn diese Fehler bei allen drei Thermo-
eterpaaren immer in denselben Sinn fallen sollten. Um
defs in dieser Beziehung keinen Zweifel übrig zu las-
n, vertauschte man die Behälter der Stiele No. V und
I, d. h. man löthete den Krystallglas - Behälter des
o. V an No. VI, wodurch das Thermometer No. VII
itstand, und den Behälter von gewöhnlichem Glase des
o. VI an No. V, wodurch das Thermometer No. VIII
halten wurde. Die damit angestellte fünfte Reihe be-
itigte das Resultat der früheren Reihen.

§. II.

Ich hielt es für zweckmäfsig, mit solchen Thermo-
etern die Beobachtungen zu wiederholen, welche von
rn. Regnault in höheren Temperaturen an Gewichts-
ermometern aus verschiedenen Glassorten gemacht wor-
n sind.

Zu dem Ende verkürzte ich an den Thermometern
o. III und IV des zweiten Paars die Länge der Behäl-
r auf ein Drittel, um ihre Temperatur auf 300° C. und
rüber bringen zu können. Diese Vorsicht hatte zu-
eich den Zweck, den Gang an Thermometern, die iden-
ch aus denselben Substanzen wie die zwischen 0° und
00° verglichenen bestanden, über 100° zu vergleichen.

Zur Anstellung dieser Versuche wurden die beiden

Thermometer neben einander gebracht, so daſs ihre Behälter in gleicher Höhe und fast in Berührung waren. Man befestigte sie in senkrechter Stellung in einen Kork im Deckel eines rechteckigen Kastens von Kupfer, der, mit Oel gefüllt, auf einem Ofen stand. Dieser Kasten war genau derselbe, dessen sich Hr. Regnault bei den erwähnten Versuchen bediente [1]).

Das Oel wurde während der ganzen Dauer des Versuchs beständig umgerührt, mittelst drei Rührwerkzeuge, welche die Herstellung einer fast gleichförmigen Temperatur-Vertheilung durch die ganze Masse der Flüssigkeit erlaubten.

Wie bei den vorhergehenden Versuchen dämpfte man, wenn man eine Temperatur-Beobachtung machen wollte, das Feuer und verschloſs die Züge des Ofens, bis die anfangs steigende Temperatur darauf zum Stillstand kam und nun sank. Man zeichnete nur das von jedem Thermometer angegebene Maximum auf, welches übrigens bei beiden Instrumenten zu gleicher Zeit eintrat.

Um bei der Temperatur-Bestimmung Refractionsfehler zu vermeiden, machte man die Beobachtung mittelst eines kleinen horizontalen Fernrohrs.

Vor jeder Beobachtungsreihe bestimmte man an jedem Thermometer und unter ganz identischen Umständen die Punkte 0° und 100°.

Die Resultate waren (bei zwei oder drei gemachten Reihen; die dritte ist hier fortgelassen *P.*) folgende:

1) *Annal. de chim. et de phys. Ser. III T, V p.* 85. (Annalen, S. 200 dieses Bandes.)

Erste Reihe.			Zweite Reihe.		
No. III.	No. IV.	Ueberschr. des Krystallthermometers	No. III.	No. IV.	Ueberschr. des Krystallthermometers.
6°,57	155°,63	0°,94	195°,00	194°,07	0°,93
3 ,83	201 ,20	2 ,68	249 ,22	247 ,95	1 ,27
8 ,33	245 ,09	3 ,24	315 ,04	312 ,25	2 ,49
4 ,50	271 ,19	3 ,31			
3 ,79	270 ,51	3 ,28			
3 ,69	310 ,83	2 ,86			

Die folgenden Beobachtungen wurden beim Erkal-
n des Kastens gemacht. Durch einige Kohlen hielt
ın momentan das Erkalten an, und beobachtete wie
ırhin das Maximum:

)0°,83	297°,86	2°,97	307°,28	304°,68	2°,60
i7 ,91	255 ,11	2 ,80	236 ,71	235 ,77	0 ,94
3 ,36	230 ,87	2 ,49			

Ein Blick auf die dritte Spalte jeder Reihe zeigt,
ıſs *das Thermometer mit Behälter von Krystallglas
ständig vor dem mit Behälter von gemeinem Glase
raus ist, und daſs der Unterschied, im Allgemeinen
it der Temperatur steigend, wie schon* Hr. **Regnault**
*obachtete, sich auf mehre Grade belaufen kann, wenn
e Temperatur auf* 250° *bis* 300° C. *gebracht worden.*
deſs sind unsere Unterschiede nicht dieselben, was aber
cht verwundern darf, da wir nicht mit denselben Glas-
rten experimentirten, und überdieſs nach einer Bemer-
ıng des Hrn. **Regnault**, die ich oftmals zu bestätigen
elegenheit hatte, *man nicht immer genau denselben Aus-
hnungscoëfficienten für einen selben Glasapparat fin-
t* [1]), *obwohl die Umstände scheinbar identisch sind.*

[1]) Diese Bemerkung erlangt eine neue Bestätigung durch die Verschiedenheit der Resultate, die Hr. **Regnault** und Hr. **Magnus** beim Vergleich des Luftthermometers mit dem Quecksilberthermometer gefunden haben.

§. III und IV.

[In diesen Paragraphen beschäftigt sich der Verf. mit der Untersuchung, welche Verschiebungen der Frost- und Siedpunkt der Thermometer erleide, wenn man sie abwechselnd hohen und niedrigen Temperaturen aussetzt. Er hat darüber eine sehr bedeutende Anzahl von Versuchen angestellt. Da indeſs derselbe Gegenstand von Marcet, Egen, Despretz, Legrand und anderen Physikern schon genügend bearbeitet worden ist, so beschränken wir uns hier darauf, nur die Folgerungen mitzutheilen, die der Verf. aus seinen Resultaten zieht. *P.*]

Setzte man das Thermometer No. I erst dem Frost- und dann dem Siedpunkt aus, so gab es an verschiedenen Tagen für das Intervall der beiden Punkte Unterschiede von 0°,29; 0°,35; 0°,42 und im Maximo von 0°,6 C. Setzte man es erst dem Siedpunkt und dann dem Frostpunkt aus, so waren an verschiedenen Tagen die Unterschiede 0°,43; 0°,44 und im Maximo 0°,47 C.

Das Thermometer No. II, erst dem Frost- und dann dem Siedpunkt ausgesetzt, gab für dasselbe Intervall Unterschiede von 0°,18 bis im Maximo 0°,26, erst dem Sied- und dann dem Frostpunkt ausgesetzt, einen Unterschied von 0°,11.

Aus dem Vergleich dieser Beobachtungen scheint zu folgen, daſs der absolute Werth des Intervalls zwischen 0° und 100° geringere Schwankungen darbietet, wenn man den Nullpunkt nach dem Siedpunkt nimmt, als wenn er vorher genommen wird. Es geht auch hervor, daſs der absolute Werth dieser Variationen, unter sonst gleichen Umständen, geringer ist bei Thermometern mit Behältern von gemeinem Glase als mit Behältern von Krystallglas.

Was die Verschiebungen des Nullpunkts allein betrifft, so waren sie bei den Thermometern mit den zweierlei Behältern von gleicher Gröſse und in gleichem Sinn, übrigens äuſserst unregelmäſsig, Bei den Thermometern

No. III und IV hatte die Eintauchung in ein Oelbad von 300° C. eine rasche Erhöhung des Nullpunkts von fast einem Grad zur Folge.

Wenn es erlaubt ist aus einer so kleinen Zahl von Versuchen Schlüsse zu ziehen, sagt der Verf. am Ende seiner Abhandlung, so würde ich folgende wagen:

1) Zwei Thermometer, mit gleicher Sorgfalt construirt, die für den Punkt 100° und den Punkt 0° mit einander stimmen, thun es nicht immer genau für Punkte, die gegen die Mitte dieses Intervalles liegen. Die Unterschiede scheinen indefs sehr gering, und in den meisten Fällen zu vernachlässigen zu seyn.

2) Zwei Quecksilberthermometer von gewöhnlicher Form, das eine mit einem Behälter von Krystallglas, das andere mit einem von gemeinem Glase, welche bei den Punkten 100° und 0° übereinstimmen, können unter identisch denselben Umständen um mehre Grade in ihren Angaben von einander abweichen, wenn sie auf 250° bis 300° gebracht werden.

3) Der absolute Werth des Intervalls zwischen den beiden festen Punkten der hunderttheiligen Skale, auf dieselbe Weise und mit denselben Vorsichtsmafsregeln bestimmt, ergiebt sich nicht immer gleich, und es scheint als erlitten die Thermometer mit Behältern aus gemeinem Glase in dieser Beziehung weniger beträchtliche Veränderungen als die Thermometer mit Behältern aus Krystallglas.

Da indefs nichts veränderlicher ist als die Zusammensetzung der käuflichen Glassorten, und die Arbeit des Glasbläsers einen schwierig zu ermittelnden Einflufs auf die Molecular-Abänderung der Substanz der Thermometer-Behälter ausüben kann [1]), so scheint der gegründetste und wichtigste Schlufs aus dieser Arbeit der zu seyn, dafs das Quecksilberthermometer, selbst mit der

1) *Ann. de chim. et de phys. T. IV p.* 66 *et* 67. (Ann. Bd. *LV* S. 587)

gröſsten Vorsicht und mit Beachtung aller der bisher von den Physikern nachgewiesenen Fehlerquellen construirt, noch groſse Unsicherheiten in seinen Angaben einschlieſst, die man bei Versuchen, wo man nach etwas groſser Genauigkeit strebt, nicht auſser Acht lassen darf [1]).

1) Im Ganzen möchte gegen diese Folgerung nichts einzuwenden seyn, doch man kann sich kaum des Verdachtes erwehren, als habe der Verf. einen Theil seiner Resultate künstlich erzeugt, dadurch, daſs er bei den Thermometern mit Behältern aus Krystallglas die Röhre von gemeinem Glase nahm, also Glasarten von verschiedener Ausdehnbarkeit an einander löthete. Es wäre daher wohl zu wünschen, das der Verf. seinen Vergleich mit Thermometern, die ganz aus der einen und der andern Glassorte verfertigt wären, wiederholte.

Ein kleiner Unterschied könnte freilich noch in diesem Fall zwischen den Angaben zweier solcher Thermometer stattfinden, selbst wenn die Ausdehnung des Glases gar keine Anomalien darböte. Wie ich nämlich in dies. Ann. Bd. XXXXI S. 372 entwickelt habe, ist, wenn $1+\Delta_t$ und $1+\Delta_{100}$ die wahren Volume des Quecksilbers, und $1+\delta_t$ und $1+\delta_{100}$ die wahren Volume des Glases in den Temperaturen t^0 und 100^0 bezeichnen, die Zahl q_t der Grade, welche ein Quecksilberthermometer in der Temperatur t anzeigt:

$$q_t = \frac{\Delta_t - \delta_t}{\Delta_{100} - \delta_{100}} \cdot \frac{1+\delta_{100}}{1+\delta_t} \cdot 100,$$

woraus folgt, daſs, genau genommen, jedes Thermometer, auch selbst wenn die Anwüchse Δ_t und δ_t den Temperaturen proportional sind, niemals, auſser bei 0^0 und 100^0, die Temperatur geradezu angiebt, sondern eine Berichtigung erfordert, die noch dazu verschieden ist nach der Ausdehnbarkeit der Glashülle.

Setzt man z. B. die Ausdehnung des Glases für 100 Grad, nach Regnault's Versuchen (Ann. Bd. LV S. 587) einmal zu 0,0025 und dann zu 0,0021, und nimmt überdieſs, in Ermanglung genauer Angaben, an, sie sowohl wie die des Quecksilbers sey der Temperatur proportional, so findet man:

für wahre Temperatur	Thermometerangabe, $\delta_{100}=0{,}0025$.	$\delta_{100}=0{,}0021$.
50°	50,07	50,05
300°	298,51	298,75.

Die Abweichung von der wahren Temperatur wäre also bei 50° respective 0°,07 und 0°,05, der Unterschied mithin 0°,02; bei 100° dagegen respective 1°,49 und 1°,25, der Unterschied also 0°,24, und zwar im entgegengesetzten Sinn. *P.*

V. *Thermo-chemische Untersuchung;* *von H. Hefs.*

(Gelesen in der Academie der Wissenschaften am 21. Oct. 1842, und mitgetheilt vom Hrn. Verfasser.)

(Fortsetzung der Abhandlung, Bd. LVI S. 604.)

Antwort auf Hrn. Graham's Bemerkungen über die Constitution der schwefelsauren Salze.

138) In der Sitzung der Londner Chemical Society, welche am 18. Januar 1842 gehalten wurde, las Hr. Graham einen Aufsatz, welcher mit folgenden Worten anfängt: »Der Prof. Hefs und der Dr. Andrews haben beide ihre Untersuchungen über die Menge der bei chemischen Verbindungen entwickelten Wärme dazu benutzt, um die Richtigkeit einer von mir früher publicirten Theorie über die Constitution der sauren Salze und der Doppelsalze zu prüfen. Es ist *merkwürdig*, dafs beide zu ganz entgegengesetzten Resultaten gelangen.« —

In der That glaubte ich durch einige früher (§. 73) angeführte Versuche die Unrichtigkeit von Graham's Theorie bewiesen zu haben; da Hr. Andrews aber zu ganz entgegengesetzten Schlüssen gelangt war, so nimmt Hr. Graham die Sache wieder auf, wiederholt einige Versuche, ergänzt sie durch neue, und entscheidet sich endlich zu Gunsten dessen, der seine Ansichten unterstützt.

Viele der Leser dieser Annalen, welche meine Versuche nicht mit ganzer Aufmerksamkeit verfolgt haben werden, möchten vielleicht glauben, dafs es sich um eine sehr specielle Sache handele, welche kein allgemeines Interesse darbiete: es liegt mir daran, wo möglich ihnen eine andere Ansicht beizubringen.

139) Seitdem die Untersuchungen über die bestimm-

ten Proportionen in den Verbindungen einen so einfachen Ausdruck in der atomistischen Theorie gefunden hatten, entdeckte man, zuerst im Mineralreich, manche Analogien in den Zusammensetzungen, welche durch *allgemeine* chemische Formeln dargestellt wurden, und so einzelne bestimmte (typische) Zusammensetzungen darboten. Die Entdeckung der Isomorphie zeigte, daſs die Mehrzahl der Elemente solcher Verbindungen durch andere ersetzt werden konnten, ohne den wesentlichen Charakter (den man jetzt *Typus* nennt) zu zerstören. — Diese Abstraction muſste nothwendigerweise einen wesentlichen Einfluſs auf die Entwicklung der Wissenschaft ausüben. Darauf gestützt, konnte man nachweisen, daſs zwei Verbindungen, obgleich aus zum Theil verschiedenen Elementen zusammengesetzt, doch eine analoge Zusammensetzung und eine gleiche Constitution besaſsen. — Wie war aber diese Constitution beschaffen? das ist eine Frage, welche dieses Princip nicht zu beantworten vermochte.

140) So lange also das Princip nur auf das Studium der Mineralkörper angewandt wurde, blieben die Fälle der Substitution eines Elementes durch ein anderes nur sehr beschränkt, denn hier dominirt eigentlich der äuſsere Charakter. Als aber die schönen Forschungen von Dumas dem Gesetz der Substitutionen die ganze Ausdehnung verliehen, welche mit der Beweglichkeit der Elemente einer organischen Substanz verträglich sind, da wurde die Idee des Typus gleichsam der Ausdruck der Gemeinschaft gewisser Fundamental-Reactionen, diente seitdem als eines der schönsten Mittel zur Orientirung, und erlaubte, die Analogie der Constitution auf allen Abwegen dieses groſsen Labyrinthes zu verfolgen. Deſsungeachtet wurde dadurch der Charakter des Princips nicht geändert; seine Wirksamkeit dehnte sich aus, aber änderte ihre Natur nicht, und am Ende sagt es uns immer nur: »die und die Substanzen sind analog zusammengesetzt,« aber es kann uns nicht sagen, wie ihre Con-

stitution eigentlich beschaffen ist. So ist z. B. die Frage ob ein Salz, wie das schwefelsaure Kali, aus einem Oxyd und einer Säure zusammengesetzt sey, wie Lavoisier es glaubte, oder aus einem Metall und einem zusammengesetzten Salzbildner, wie Davy es vermuthete, nicht um einen Schritt vorwärts gerückt. — Hier stieſs die Wissenschaft auf eine Schranke, welche sie nicht zu überschreiten vermochte, obgleich es ohne Zweifel ist, daſs, wenn die Frage erst für einen einzigen Fall gelöst wäre, sie es auch für viele andere seyn würde, die alle wohlbezeichnet dastehen.

141) Aehnliche Betrachtungen waren es, die mich auf den Gedanken brachten, daſs man, um diese Schranke zu überschreiten, zu anderen Mitteln seine Zuflucht nehmen müsse, als die gewöhnlich gebrauchten. Ich sah bald ein, daſs es unter den Erscheinungen, welche jede chemische Verbindung begleiten, es eine wesentliche giebt, welche nicht hinreichend studirt war; ich meine die Wärme-Entwicklung. Mehr als ein Mal hatte ich mich mit diesem Gegenstande befaſst, wie eine Abhandlung, welche ich im Jahre 1831 vorgelesen habe, es bezeugen kann. Aber erst 1839 war es, daſs ein länger fortgesetztes Nachdenken mich ahnen lieſs, daſs die Fälle, wo die Erscheinungen minder auffallend sind, die lehrreichsten seyn können. Nach einigem Tappen blieb ich bei dem Studium der Wärmequantitäten, welche die Verbindungen der Schwefelsäure mit Wasser entwickeln. Da sah ich ohne Zweifel, daſs das Atom, welches am festesten gehalten wird, auch die meiste Wärme entwickelt, und ich wurde in der Meinung bestärkt, daſs die Menge der entwickelten Wärme zum Maaſse der Verwandtschaft würde dienen können.

142) Schon lange vor mir hatte man bemerkt, daſs die Verbindung solcher Stoffe, welche mit den stärksten Verwandtschaften begabt sind, auch von den auffallendsten Erscheinungen begleitet wird; diese allgemeine Be-

merkung gründete sich aber nicht auf genaue Versuche und Messungen; man hatte sie nicht verfolgt. — Zwar bin ich vollkommen überzeugt, dafs, wenn **Lavoisier** länger gelebt hätte, man diesen Weg nimmer verlassen hätte; aber das Schicksal hatte darüber anders entschieden, und als manche Jahre später **Dulong** die Frage über die Menge der entwickeltn Wärme wieder vornahm, wurde er der Wissenschaft entrissen, ehe er die Geheimnisse veröffentlichen konnte, welche er der Natur abgelauscht haben mochte.

143) Im Verfolge meiner Untersuchungen stellte ich fest, dafs, auf welchem Wege eine Verbindung auch zu Stande komme, *die Menge der bei ihrer Bildung entwikkelten Wärme immer constant sey*, es möge die Verbindung auf directem oder indirectem Wege, auf ein Mal oder in verschiedenen Zeiträumen zu Stande kommen. — Dieser Grundsatz ist so einleuchtend, dafs, wenn ich ihn nicht für schon hinreichend hielte, ich keinen Anstand nehmen würde ihn als Axiom aufzustellen. — Ungeachtet dieser Evidenz kann man diefs Gesetz nicht zu viel wiederholen, denn, wie ich mehr als ein Mal zu zeigen Gelegenheit haben werde, sind die meisten Fehler, die man bei der Beurtheilung der entwickelten Wärmemenge begeht, in der Nichtbeachtung dieses Gesetzes begründet.

144) Unter den Verbindungen, deren Bildung ich verfolgte, begegnete ich vorläufig einer, welche eine deutlich gestellte Frage über die Constitution eines Salzes darbot. Es ist das saure schwefelsaure Kali. Zwei Hypothesen existiren über seine Constitution. **Berzelius**, und mit ihm ein grofser Theil der jetzt lebenden Generation, betrachtet das saure schwefelsaure Kali als ein wahres Doppelsalz $\dot{K}\dddot{S}+\dot{H}\dddot{S}$. **Graham** hingegen sieht diefs Salz als $\dot{H}\dddot{S}(\dot{K}\dddot{S})$ an. Diese Hypothese ist neuerer, und scheint den Vortheil zu haben, den Gang der Bildung des Salzes vorzustellen. Betrachtungen über die

Quantitäten von Wärme, welche bei der Bildung dieses Salzes entwickelt werden, schienen mir aber die Unrichtigkeit beider Hypothesen zu beweisen, und ich glaubte, dafs die Elemente auf eine andere Weise geordnet seyen. — Dieses ist es nun was Graham bestreitet, und dabei stützt er sich nicht nur auf die früheren Gründe, sondern beruft sich auch auf die *Wärme-Entwicklung*. Er nimmt also die Discussion auf denselben Grundlagen an, nur gelangt er zu einem verschiedenen Endschlufs. Es kommt also darauf an zu untersuchen, ob die Wärme-Entwicklung mit beiden Meinungen gleich verträglich sey, oder ob einer von beiden Theilen sich nicht etwa auf falsche Thatsachen oder falsche Schlüsse stütze. Man sieht leicht ein, dafs es der Wissenschaft nicht sowohl darum zu thun seyn kann, ob Hr. Graham oder ich Recht habe, wohl aber darum, ob die Gründe, welche man aus den Phänomenen der Wärme hernehmen könnte, ein kräftigeres Mittel darbieten, um die Natur auszuforschen, als die, welche der Chemie bis jetzt zu Gebote standen. Es ist daher nothwendig die Frage in ihrem Zusammenhange zu überblicken.

145) Man wufste seit lange, dafs Salze, welche Krystallwasser enthalten, vermögend sind, sey es bei der gewöhnlichen, sey es bei wenig erhöhter Temperatur, zu verwittern. Einige dieser Salze verlieren nicht alles Wasser, sondern behalten häufig ein Atom mit so viel Kraft, dafs es nur durch gelindes Glühen ausgetrieben werden kann. Diefs findet zum Beispiel bei der schwefelsauren Bittererde statt. Hr. Graham bereicherte unsere Kenntnisse durch eine neue Thatsache. Er zeigte, dafs, wenn man zur Auflösung dieses Salzes neutrales schwefelsaures Kali zufügt, dieses dann gerade dasjenige Atom Wasser ersetzt, welches mit der gröfseren Kraft zurückgehalten wird:

$$\dot{\mathrm{M}}\mathrm{g}\dddot{\mathrm{S}}(\dot{\mathrm{H}})+6\dot{\mathrm{H}}$$

$$\dot{\mathrm{M}}\mathrm{g}\dddot{\mathrm{S}}(\dot{\mathrm{K}}\dddot{\mathrm{S}})+6\dot{\mathrm{H}}.$$

Um dieses Atom Wasser näher zu bezeichnen, benennt es Graham *salinisches Wasser*, und um dessen Rolle besser zu bezeichnen, sagt er uns, daſs dieſs Wasser eine Vorkehrung der Natur sey, um die Bildung der Doppelsalze zu vermitteln. Er findet, daſs das Atom salinischen Wassers und das schwefelsaure Kali in der Construction beider oben angeführten Salze aequivalent sind. Jetzt zieht er daraus den Schluſs, »daſs man also vernünftiger Weise erwarten dürfe, das salinische Wasser durch schwefelsaures Kali ohne Wärme-Entwicklung ersetzt zu sehen.« Dieser Schluſs scheint mir das Vorausgesetzte nicht zu beweisen: und einen Doppelsinn zu enthalten, der in dem Worte *aequivalent* liegt. In der That kann ein Stoff den andern verdrängen und sein Aequivalent in Beziehung auf die Stelle seyn, d. h. im Sinne der mechanischen Construction; aber immer wird man vermuthen, daſs ein Stoff, der den andern verdrängt, mächtiger ist als der verdrängte. Es wird also in einer andern Beziehung, d. h. im Sinne der Kraft, die ihn in der Verbindung erhält, wenig wahrscheinlich, daſs beide aequivalent seyn sollten. So z. B. nehmen in folgenden schwefelsauren Salzen, laut der gewöhnlich angenommenen Meinungen $\dot{Ag}\dddot{S}$; $\dot{K}\dddot{S}$; $\dot{Cu}\dddot{S}+5\dot{H}$; $\dot{Mg}\dddot{S}\dot{H}+6\dot{H}$ alle Basen dieselbe Stelle ein; sind wir aber deshalb berechtigt anzunehmen, daſs sie sich ohne Wärme-Entwicklung ersetzen können? Und sind wir nicht vielmehr genöthigt die Erfahrung zu befragen?

146) Von diesem wenigstens gewagten Schlusse geht Graham zu einer neuen Voraussetzung über; er glaubt, daſs das Bihydrat der Schwefelsäure und das saure schwefelsaure Kali analog zusammengesetzt sind:

$$\dot{H}\dddot{S}(\dot{H})$$

$$\dot{H}\dddot{S}(\dot{K}\dddot{S}).$$

Nichts sagt uns aber, daſs diese Analogie wirklich existire. Ich möchte gerne wissen, warum das schwefelsaure

rug in jedem Versuche 203 Grm. Die Wärmecapacität ler entstandenen Lösung wurde durch einen directen Ver- uch bestimmt.

152) Da ich hier nur die Absicht habe von der Con- stitution der sauren schwefelsauren Salze zu sprechen, so führe ich hier blofs an, dafs in nachfolgender Tabelle die Menge der entwickelten Wärme auf ($\dddot{S}=1$) bezo- gen ist. Und ich mufs bemerken, dafs ich die weiteren Folgerungen aus diesem Versuche mir zum nächsten Male vorbehalte.

Zusammen-setzung der Säure.	Temperaturerhöhung		Quantität der entwickelten Wärme	
	im $\dot{H}$	in d. Salzauflös. $\dot{A}m\dddot{S}$	in Wasser.	in der Salzauflös. $\dot{A}m\dddot{S}$
$\dot{H}^2\dddot{S}$	5,94	5,31	132,85	117
$\dot{H}^3\dddot{S}$	4,12	3,43	92,18	75,63
$\dot{H}^6\dddot{S}$	2,24	1,36	48,7	30
$\dot{H}^{12}\dddot{S}$	0,88	0	19,6	0

Man sieht in der dritten Columne, dafs, wenn die Auflösung des neutralen Salzes mit der Säure $\dot{H}^2\dddot{S}$ ge- mengt wird, sich viel Wärme entwickelt, dafs, je schwä- cher die Säure ist, je mehr die Wärme-Entwicklung ab- nimmt. Endlich wenn die Säure $\dot{H}^{12}\dddot{S}$ ist, findet keine merkbare Temperaturveränderung statt. Ueber diese Gränze hinaus wird die Veränderung negativ. Man sieht überdiefs, dafs die Säure etwas weniger Wärme mit der Salzauflösung als mit dem Wasser entwickelt. Diese Versuche beweisen also, dafs die Bildung des sauren schwefelsauren Salzes mit Wärme-Entwicklung verbun- len ist.

153) Genau derselbe Versuch mit der Säure $\dot{H}^2\dddot{S}$ und einer Auflösung von schwefelsaurem Kali ausgeführt, giebt eine Temperatur-Erhöhung von 5,25, und als Summe

zende Bestätigung der Graham'schen Theorie! Er ermangelt daher auch nicht den Versuch zu wiederholen, und findet ihn richtig, was im vollkommenen Widerspruche mit meinen Erfahrungen steht.

147) Graham wirft mir vor den directen Versuch vernachlässigt zu haben, und läfst mich sagen, dafs, wenn man das schwefelsaure Kali mit $\dot{H}\dddot{S}(\dot{H})$ mischt, zwar eine Wärme-Entwicklung stattfindet, *dafs ich aber zugebe, dafs das Resultat illusorisch seyn könne*, weil nur ein Theil der Säure in ein saures Salz verwandelt werde, während der übrigbleibende Theil durch das in Freiheit gesetzte Wasser verdünnt werde und dadurch eine Wärme-Entwicklung stattfinde. Dazu mufs ich bemerken, dafs ich den eben erwähnten Zweifel nicht so ausgesprochen habe, wovon sich Hr. Graham überzeugen kann, wenn er den 74. Paragraph wieder nachlesen will. Er wird sehen, dafs ich mich beeilte durch einen directen Versuch einem etwanigen Einwurfe des Lesers zu begegnen. Uebrigens bin ich vollkommen überzeugt, dafs diese kleine Ungenauigkeit der Citation durchaus nicht absichtlich ist. Was mir aber wichtiger scheint, ist: dafs ich im §. 75 einen, wenn gleich auch indirecten Versuch anführe, der mich zu einem bestimmten Schlusse veranlafst und dafs Hr. Graham davon keine Notiz genommen hat. Die Art und Weise, wie ich damals operirte, erlaubte mir nicht den directen Versuch zu machen; ich ging also von dem Princip aus, *dafs die Menge der entwickelten Wärme constant sey*. Ich nahm fertiges saures schwefelsaures Kali und zersetzte es durch flüssiges Ammoniak. Wenn das zweite Atom Schwefelsäure bei seiner Verbindung mit dem schwefelsauren Kali keine Wärme entwickelt hätte, so sieht man leicht ein, dafs seine Sättigung mit Ammoniak eben so viel Wärme entwickeln müfste, wie bei der Sättigung von Ammoniak mit freier Säure; traf diefs nicht ein, so mufste der Unterschied das Maafs der Wärme abgeben, welche bei

1) S. Ann. Bd. LII S. 110.

er Bildung des sauren Salzes verausgabt worden war. Die Zahl, welche der Versuch lieferte, war 406. Dieselbe ammoniakalische Flüssigkeit durch ganz verdünnte Schwefelsäure gesättigt, lieferte dieselbe Zahl. Das unmittelbare Resultat des Versuchs war also, dafs die Wärmemenge, welche dabei entwickelt wurde, ganz die nämliche war, man mochte das Ammoniak durch verdünnte Säure oder durch saures schwefelsaures Kali sättigen. Der Schlufs, den ich daraus zog, war nun, dafs die Schwefelsäure ebenfalls dieselbe Menge Wärme vorher verloren hatte, sey es, dafs man sie gänzlich mit Wasser verdünnte oder in das saure Salz verwandelte. Man sieht also, dafs der Versuch einfach war, und der daraus gezogene Schlufs eine nothwendige Folge davon. Das Endresultat konnte also höchstens nur unbedeutend von der Wahrheit abweichen. Die einzige Fehlerquelle lag in dem festen Zustande des sauren Salzes, so dafs das zweite Atom Schwefelsäure flüssig werden mufste, indem es sich in schwefelsaures Ammoniak verwandelte. Demzufolge mufste eine kleine Menge Wärme verschluckt werden, und die Zahl 406 mufste etwas zu klein seyn, während ihr Complement dadurch zu grofs wurde. Aber in jedem Fall konnte die dadurch veranlafste Abweichung nur unbedeutend seyn, da die Auflösungswärme im Vergleich zu der chemisch entwickelten Wärme auch nur unbedeutend ist.

148) Hr. Graham geht nun zum directen Versuche über, und verwendet dazu das schwefelsaure Ammoniak. Die Wahl ist glücklich, denn die grofse Auflöslichkeit des Salzes erlaubt den Versuch mit Auflösungen zu machen, wodurch er eine gröfsere Einfachheit erlangt. Zu einer concentrirten Auflösung dieses Salzes setzt er verdünnte Schwefelsäure (von 1,25 spec. Gew.) und findet *Erniedrigung* der Temperatur, statt einer Erhöhung. Diese Erniedrigung der Temperatur zu erklären bemerkt der Verfasser, dafs die verdünnte Schwefelsäure eigent-

lich ein Salz mit viel chemisch gebundenem Wasser sey, und dafs, da das neugebildete saure schwefelsaure Ammoniak ein wasserfreies Salz sey, so müsse also das Wasser der Schwefelsäure in Freiheit gesetzt werden und dabei die früher entwickelte Wärme wieder aufnehmen. »Es scheint also, sagt Graham, dafs wenn man unbedeutende Correctionen, die sich auf die specifische Wärme beziehen, vernachlässigt, man als hinreichend bewiesen ansehen kann, dafs die Bildung der doppeltschwefelsauren Salze [1]) von keiner Wärme-Entwicklung begleitet wird, und dafs diese Verbindungen sich durch einfache Vermischung der Elemente bilden. Folglich sind schwefelsaures Kali und Wasser *Aequivalente* in der Constitution dieser Salze, oder *gleichwärmig* (*equicalorours*), wenn es erlaubt ist einen Ausdruck zu schaffen, um diese Relation anzudeuten.«

149) Wie man sieht, schreibt Hr. Graham dem schwefelsauren Kali und dem schwefelsauren Ammoniak gleiche Wirkungen zu, da er in seinen Schlüssen von dem einen zum andern übergeht. Das, glaube ich, ist vollkommen Recht; doch mufs ich dabei fragen, wie Hr. Graham es übersehen konnte, dafs diese Gleichheit der Wirkung beider Salze mit seiner Theorie ganz unverträglich ist? Sind nämlich, wie er früher anführte, folgende zwei Zusammensetzungen analog $\dot{H}\dddot{S}(\dot{H})$ und $\dot{H}\dddot{S}(\dot{K}\dddot{S})$, so können folgende zwei es nicht mehr seyn: $\dot{H}\dddot{S}(\dot{H})$ und $\dddot{S}(\dot{A}m\dddot{S})$. Nach Graham's Theorie ersetzt das schwefelsaure Alkali nur das salinische Wasser, in diesem Falle aber ersetzt es nicht nur das salinische, sondern auch das basische Wasser. Diefs allein mufste schon hinreichen, um ihn über die falsche Richtung, die er eingeschlagen hatte, aufzuklären. Durch seine vorgefafste Theorie irre geleitet, begeht er *darin den gröfsten Feh-*

1) Hier gebraucht Hr. Graham den Ausdruck *Doppelsalz* als ganz gleichbedeutend mit saurem Salze.

ler, dafs er seinen Versuch für einen *directen* hält, da er doch in der That genau so indirect ist wie der meinige. Warum handelt es sich denn eigentlich? Zu wissen: ob in der Formel $\dot{H}\dddot{S}(\dot{H})$ das letzte Atom Wasser durch $(\dot{K}\dddot{S})$ ersetzt werden könne, ohne Wärme-Entwicklung. Der directe Versuch verlangt also, dafs man die Auflösung des schwefelsauren Salzes mit $\dot{H}\dddot{S}(\dot{H})$ versetze. Wenn in diesem Falle $(\dot{K}\dddot{S})$ und $(\dot{H})$ gleichwärmig sind, so ist es augenscheinlich, dafs der eine von beiden bei seiner Verbindung genau so viel Wärme entwickeln mufs, so viel der andere bei seinem Freiwerden absorbirt. Führt man den Versuch in dieser Weise aus, so bekommt man eine *starke Wärme-Entwicklung*.

150) Wenn wir $\dot{H}\dddot{S}(\dot{K}\dddot{S}) = \dot{H}\dddot{S}(\dot{H})$ schreiben (indem wir das Gleichheitszeichen nur auf die Wärme beziehen), so ist es augenscheinlich nach dem von Graham selbst angeführtem Grunde, dafs, wenn man zu dem Versuche $\dot{H}\dddot{S}(\dot{H}^2)$ braucht, man eine Erniedrigung der Temperatur erhalten mufs, und um so mehr noch, wenn man das Ammoniaksalz dazu verbraucht, da es ein wasserfreies Product liefern soll. Der Versuch giebt aber eine *Temperaturerhöhung*, obgleich weniger stark als im vorhergehenden Falle. Es ist einleuchtend, dafs wenn man immer schwächere Säuren anwendet, man in demselben Verhältnifs geringere Wärme-Entwicklung erhalten wird. Zugleich sieht man ein, dafs, sobald man die Säure $\dot{H}\dddot{S}(\dot{H})$ verläfst, der Versuch auch aufhört ein directer zu seyn, indem man die ganze Menge der bei der Verdünnung entwickelten Wärme in Rechnung bringen mufs. Mit einem Worte, man mufs auf *das Princip der Beständigkeit der Summe Rücksicht nehmen.*

Es ist unmöglich anzugeben, was die von Graham beobachtete Temperatur-Erniedrigung eigentlich besagt, indem er die nöthigen Data zur Berechnung seines Ver-

erstrecke. Bremontier in seinen *Recherches sur les mouvement des ondes* sagt, die Bewegung pflanze sich bis in bedeutende Tiefe fort, ohne die Gränze anzugeben [1]).

Inmitten so entgegengesetzter Meinungen war es schwierig ein Urtheil zu fassen: man mufste nothwendig zu directen Versuchen greifen, um die Frage zu entscheiden.

Meine Versuche begannen im December 1838 und dauerten bis Ende 1839. Sie wurden vorzugsweise angestellt, wenn Nord- und Nordostwinde bliesen, welche eine Neer (*houle*) auf der Rhede von Algier hervorbrachten.

Allemal, wenns möglich war, wurde die Höhe der Wellen nach dem von der Academie der Wissenschaften angegebenen Verfahren bestimmt, d. h. in einem Boote, welches sich in einem Wellenthal (*creux*) zwischen zwei Wellenbergen (*lames*) befand, wurde gemessen, bis zu welcher Höhe der Beobachter sich erheben mufste, um den Horizont zu sehen.

Die erste Maschine wurde auf einen Sandgrund hinabgelassen, welcher elf Meter unter dem Meeresspiegel lag. Sie blieb daselbst zwanzig Tage lang. Das Meer war mehrmals unruhig, und die Wellen hatten an dem Ort, wo der Apparat, Fig. 15 Taf. III, aufgestellt war, eine Höhe bald von einem, bald von zwei Meter.

AB ist eine Holzscheibe, belastet mit Eisenstäben, und überzogen mit einer Bleiplatte. Die Kugel *C*, die durch ein Seil von 6 Met. Länge an der Scheibe befestigt ist, wiegt 12 Kilogrm. Der Durchmesser der Scheibe beträgt 60 Centimeter. Der hölzerne Kreisel (*toupie*) *D* ist mit drei Eisenspitzen besetzt und hat 25 Centimeter

1) Die Herausgeber der *Annales* verweisen auf einen Aufsatz von Hrn. Siau, den Hr. Aimé bei Absendung seines Manuskripts vermuthlich noch nicht gekannt hätte. — Wir haben denselben auf gegenwärtigen folgen lassen. *P.*

ler, dafs er seinen Versuch für einen *directen* hält, da er doch in der That genau so indirect ist wie der meinige. Warum handelt es sich denn eigentlich? Zu wissen: ob in der Formel $\dot{H}\dddot{S}(\dot{H})$ das letzte Atom Wasser durch $(\dot{K}\dddot{S})$ ersetzt werden könne, ohne Wärme-Entwicklung. Der directe Versuch verlangt also, dafs man die Auflösung des schwefelsauren Salzes mit $\dot{H}\dddot{S}(\dot{H})$ versetze. Wenn in diesem Falle $(\dot{K}\dddot{S})$ und $(\dot{H})$ gleichwärmig sind, so ist es augenscheinlich, dafs der eine von beiden bei seiner Verbindung genau so viel Wärme entwickeln mufs, so viel der andere bei seinem Freiwerden absorbirt. Führt man den Versuch in dieser Weise aus, so bekommt man eine *starke Wärme-Entwicklung*.

150) Wenn wir $\dot{H}\dddot{S}(\dot{K}\dddot{S}) = \dot{H}\dddot{S}(\dot{H})$ schreiben (indem wir das Gleichheitszeichen nur auf die Wärme beziehen), so ist es augenscheinlich nach dem von Graham selbst angeführtem Grunde, dafs, wenn man zu dem Versuche $\dot{H}\dddot{S}(\dot{H}^2)$ braucht, man eine Erniedrigung der Temperatur erhalten mufs, und um so mehr noch, wenn man das Ammoniaksalz dazu verbraucht, da es ein wasserfreies Product liefern soll. Der Versuch giebt aber eine *Temperaturerhöhung*, obgleich weniger stark als im vorhergehenden Falle. Es ist einleuchtend, dafs wenn man immer schwächere Säuren anwendet, man in demselben Verhältnifs geringere Wärme-Entwicklung erhalten wird. Zugleich sieht man ein, dafs, sobald man die Säure $\dot{H}\dddot{S}(\dot{H})$ verläfst, der Versuch auch aufhört ein directer zu seyn, indem man die ganze Menge der bei der Verdünnung entwickelten Wärme in Rechnung bringen mufs. Mit einem Worte, man mufs auf *das Princip der Beständigkeit der Summe Rücksicht nehmen*.

Es ist unmöglich anzugeben, was die von Graham beobachtete Temperatur-Erniedrigung eigentlich besagt, indem er die nöthigen Data zur Berechnung seines Ver-

der Bleischeibe verknüpfte, hinreichend lang war, so stand von den Oscillationen des Schwimmers *P* nichts mehr zu fürchten, da derselbe nur eine senkrechte Wirkung auf das Seil ausüben konnte.

Vierzehn Tage nach dem Hinablassen wurde die Maschine wieder heraufgezogen. Das Meer war mehrmals unruhig gewesen, und die gröfste Höhe der Wellen hatte 2 bis 3 Meter betragen. Man erkannte die Spuren der heftigsten Aufregung. Der Kreisel war abgerissen. Stiele von Meerpflanzen, Zasern von altem Tauwerk schlangen sich um die drei Seile, welche die Holzscheibe hielten. An mehren Stellen war die Bleiplatte zerschnitten, in Folge der vielen Stöfse, welche sie durch die Eisenspitzen des Kreisels erhalten hatte. Endlich fand man unter der Bleiplatte ein halbes Kilogramm Sand, dessen Körner einen Durchmesser von 1 bis 2 Millimeter hatten. Der Apparat war, wie im ersten Fall, in den Sand eingegraben, denn man fand ziemliche Schwierigkeit, ihn vom Grunde abzulösen.

Aus der Beschaffenheit und Stärke der beobachteten Wirkung stand zu hoffen, dafs man sie in noch gröfserer Tiefe würde nachweisen können. Zu dem Ende construirte man eine zweite Maschine nach einem etwas anderen Plane als bei der ersten befolgt worden war. Sie wurde 28 Meter tief hinabgelassen auf einen fast horizontalen Sandgrund.

Die Maschine (Fig. 17 Taf. III) bestand aus einem tannenen Kasten *CAB* von parallelepipedischer Form mit quadratischer Basis, und gefüllt mit Kieselsteinen. Seine Höhe betrug 2,5 Decimeter, die Länge einer Seite seiner Basis 8 Decimeter, und sein Gewicht mit den Steinen fast 130 Kilogrm. Der erste Schwimmer war eine quadratische Holztafel und an dem Kasten durch vier Stricke von $1\frac{1}{2}$ Meter Länge befestigt.

Nach vierzehntägiger Untertauchung, während die Wellen eine Höhe von zwei Meter gehabt, zog man die

Maschine herauf, und fand die Wirkungen fast den früheren ähnlich. Das Bleiblatt zeigte tiefe und symmetrische Eindrücke in Bezug auf die Mitte des Befestigungspunkts der Schnur des Kreisels. Unter dem Bleiblatt war noch Sand, aber in geringerer Menge als bei den früheren Versuchen.

Das Wasser der Rhede war in Folge von Regen und der heftigen Bewegung der Wellen schlammig; und beim Heraufziehen der Maschine merkte man an der Schwierigkeit, mit welcher sich das Seil handhaben liefs, dafs sich auf dessen ganze Länge, mit Ausnahme der letzten drei oder vier Meter an dem der Maschine zulaufenden Ende hin, Schlamm abgesetzt hatte. Diese Thatsache scheint mir zu beweisen, dafs sich die Wellenbewegung bis in 20 und einige Meter Tiefe erstreckte. In der That ist es wahrscheinlich, dafs das Wasser in der dem Grunde zunächst liegenden Schicht von 3 bis 4 Meter schlammig war, wie die darüber liegende Schicht. Ueberdiefs ist klar, dafs der mit Schlamm bedeckte Theil des Taues in Ruhe blieb gegen die umgebende Flüssigkeit, während der, welcher entblöfst davon gefunden ward, gegen die Wasserschicht, in welcher er sich befand, in Bewegung seyn mufste. Eins von beiden mufste der Fall seyn: entweder ward die untere Schicht in Bewegung gesetzt, dann wäre der Satz festgestellt; oder die untere Schicht blieb in Ruhe und der untere Theil des Seils wurde bewegt. In diesem Fall könnte diese Bewegung nur herrühren von einer durch den Schwimmer und die oberen Wasserschichten mitgetheilten Bewegung in seiner ganzen Länge. Da nun aber, wie gesagt, der mit Schlamm bedeckte Theil des Seils in Bezug auf die Flüssigkeit in Ruhe seyn mufste, so folgt nothwendig, dafs das Seil und die Flüssigkeit eine gemeinschaftliche Bewegung hatten, welche die Erschütterung des unteren Theils des Stricks bewirkte.

Der Zweck dieser Untersuchungen war nicht blofs

zu wissen, bis zu welcher Tiefe die Bewegung merklich sey, sondern auch wo möglich zugleich zu bestimmen, welchen Wellenhöhen diese Gränze entspräche. Zu dem Ende wurden gleichzeitig zwei Maschinen in's Meer versenkt, die eine 28 Meter, die andere 18 Meter tief. Nach einer ziemlich geringen Wellenbewegung, bei welcher die Wellen nicht über zwei Drittel-Meter hoch gingen, untersuchte man sie. Die erste zeigte keine Spur von Bewegung; die zweite dagegen bot zwei kleine Kreisbogen, jeden von etwa 20 Grad, dar, die in Bezug auf die Mitte der Scheibe symmetrisch lagen, und solchen Abstand von dieser Mitte hatten, als es die Schnur des Kreisels erlaubte.

Die beiden Maschinen wurden wiederum an denselben Orten in's Meer hinabgelassen, und blieben daselbst etwa zwanzig Tage lang, Während dieser Zeit war das Meer mehrmals unruhig, und die Wellen bald ein, bald zwei Meter hoch. Nach einem früheren Versuch durfte man Spuren einer starken Aufregung erwarten, und wirklich war dem so. Die 18 Met. tief versenkte Maschine war mit Kraut, Werg und Holzstücken bedeckt, die an den vier Stricken des unteren Schwimmers so fest hafteten, dafs man diese durchschneiden mufste, um die Maschine reinigen zu können. Ein Stück Gurt war so fest aufgerollt und verknotet, dafs es schwer zu begreifen stand, wie die blofse Bewegnng des Meeres solches hatte bewirken können. Die Maschine leistete beim Heraufziehen grofsen Widerstand, da sie zum Theil eingesandet war. Der Kreisel, gehindert in seinen Bewegungen durch die an ihn sich ansetzenden Substanzen, hatte nicht ganz die erwartete Wirkung gethan. Unter dem Bleiblatt fand sich ein halbes Kilogramm ziemlich grobkörnigen Sandes.

Die in 28 Met. Tiefe gewesene Maschine bot einen anderen Anblick dar. Kein fremdartiger Körper hatte den Kreisel behindert, er hatte frei oscilliren können. Die auf

der Bleiplatte eingedrückten Marken waren zahlreich und tief. Sie lagen auf mehren Kreisbogen, entsprechend den verschiedenen Zuständen des Meers und der Richtung der Wellen.

Wie streng auch die Folgerungen aus vorstehenden Versuchen seyn mochten, so war doch wünschenswerth, sie durch einen Apparat zu prüfen, der keine Gemeinschaft durch ein Seil mit dem oberen Schwimmer hatte.

Demgemäfs construirte ich die Maschine Fig. 18 Taf. III. Ein Kasten, ein Parallelepipedon mit quadratischer Base bildend und gefüllt mit zerklopften Steinen, hängt mittelst vier von seinen Ecken auslaufenden Schnüren an einem eisernen Anker (*grappin*) mit vier gekrümmten Armen. Dieser Anker ist befestigt an einem Holzklotz *A*, der, wenn der Apparat sich unter dem Wasser befindet, den Anker zu heben und die Stricke anzuziehen vermag.

Diese Maschine wurde in eine Tiefe von 18 Meter hinabgelassen an einem Ort, der durch wohl angebundene schwimmende Signale bezeichnet war.

Einige Tage hernach, da das Meer sehr aufgeregt war, wurde der Klotz, der den Anker trug, losgerissen und an's Ufer geworfen, wo man ihn fand. Desfsungeachtet versuchte man die Maschine herauszufischen; allein nach mehrstündiger unnützer Arbeit gab man es auf.

Das Resultat dieses Versuchs, obwohl ganz der Erwartung zuwider, ist dennoch entscheidend. Indessen glaubten wir doch die Operationsweise abändern zu müssen, befürchtend, bei grofsen Tiefen weder Schwimmer noch Maschine wiederfinden zu können.

Der Apparat, durch den man zuletzt alle übrigen ersetzte, ist in Fig. 19 Taf. III abgebildet. Ein Kasten von der Gestalt eines Parallelepipedums mit quadratischer Basis ist gefüllt mit zerstofsenen Steinen. Seine Basis hat 1 Meter Länge, seine Höhe ist 2,5 Decimeter. An den vier Ecken des Kastens sind vier dicke Eisenstan-

gen befestigt, die sich nach aufsen krümmen und, jede in einem Ringe endigen. Durch diese Ringe gehen vier Stricke, die einerseits an dem Schwimmer *G* befestigt sind, andererseits in vier Kugeln *B*, *B*, *B*, *B*, jede von 18 Kilogrm., auslaufen. Der Kreisel *M* ist am Schwimmer *G* befestigt mittelst einer Schnur, in deren Mitte sich ein kleiner Schwimmer *N* von Kork befindet. Diese Schnur hat eine solche Länge, dafs sie nur gespannt seyn kann, wenn der Schwimmer *G* die Kugeln bis an die Ringe *A* gehoben hat. Aus dieser Einrichtung ist klar, dafs der Kreisel nur oscilliren kann, wenn der Kasten *CDE* auf den Meeresgrund stöfst; denn so wie er ihn verläfst, werden die vier Stricke *GA*, so wie die Schnur *NN* durch den oberen Schwimmer straf gezogen. Das gesammte Gewicht der Maschine beträgt ungefähr 200 Kilogrm. Sie wurde in eine Tiefe von 40 Meter hinabgelassen, und da das Seil, welches die beiden Schwimmer vereinigte, ein bedeutendes Gewicht hatte, so hatte man längs dieses Seiles in gleichen Abständen noch drei andere kleine Schwimmer angebracht.

Man liefs den Apparat einen Monat im Meer. Während dieser Zeit herrschte mehrmals starker Wind und grofse Aufregung des Meers. Man schätzte die Höhe der Wellen am Orte der Maschine, etwa ein Kilometer von der Küste, auf drei Meter. Defsungeachtet erhielt man nur sehr schwache Eindrücke, allein in hinreichender Anzahl, um zu beweisen, dafs eine kleine Bewegung stattgefunden. Unter dem Bleiblatt fand sich äufserst feinkörniger Sand.

Ich glaubte die Gränze erreicht zu haben, wo auf der Rhede die Wellenbewegung noch merklich ist, und liefs demnach die Maschine an demselben Ort wieder hinab. Vierzehn Tage hernach untersuchte ich sie wieder. Das Meer schien eben so bewegt gewesen zu seyn wie vorhin, und ich erwartete demnach Narben auf der Platte zu finden. Dem war aber nicht so. Das Bleiblatt

war

war unverletzt. Ich brachte die Maschine wiederum an ihren Ort und untersuchte sie abermals nach 20 Tagen; allein mit gleicher Erfolglosigkeit. Bei diesem Versuch hatte man die Schnur, welche den Scheitel des Kreisels mit dem ersten Schwimmer verband, durchgeschnitten, in der Furcht, sie möge die Bewegung dieses hindern.

Aus der Gesammtheit dieser Versuche folgt, dafs die Gränze der Wellenbewegung auf der Rhede von Algier in 40 Meter Tiefe liegt; doch wird sie wahrscheinlich bei Stürmen, wie sie im Winter an den Küsten der Algierei häufig sind, überschritten. Wenn mehre Tage Nordwind weht, so langen Wellen an, die den Zwischenraum von Frankreich und Afrika ohne Widerstand durchlaufen haben. Unterhalb der Wellen von gewöhnlicher Dimension giebt es andere, welche das Auge vermöge ihrer ungeheuren Breite schwer unterscheiden kann. Es giebt welche, deren Breite 100 bis 200 Meter beträgt. Diese Wellen machen den mittleren Wasserstand im Hafen von Algier abwechselnd steigen und fallen. Die Dauer der Oscillationen geht von 1 bis 3 Minuten und die Veränderung des Wasserstandes von 5 bis 10 Decimeter. Die Schiffe sind bei diesem abwechselnden Steigen und Fallen des Wassers im Hafen der Gefahr ausgesetzt, nicht blofs an einander, sondern auch auf den Grund zu stofsen.

Aus vorstehenden Versuchen folgt, dafs die Bewegung des Meeres eine oscillatorische ist, da die beobachteten Narben auf der Bleiplatte immer symmetrisch lagen gegen die Mitte dieser. Ich lege grofse Wichtigkeit auf meine Beobachtung; denn die Physiker haben angenommen, dafs die Wassertheilchen bei der Wellenbewegung keine horizontale Verschiebung erleiden, und diese Meinung wurde bisher als richtig angesehen [1])

1) Nicht alle Physiker theilen diese Meinung. E. H. und W. Weber haben in ihrem vortrefflichen Werke: „*Die Wellenlehre auf Experimente gegründet*" (Leipzig 1825), das aber Hrn. Aimé,

Ich halte es für nützlich hier wörtlich die ch
ristischen Aussprüche derjenigen Verfasser anzu
die diesen Gegenstand behandelt haben.

De la Coudraye, in seiner *Théorie des*
sagt, dafs die Theilchen der Wellen sich nur heb
senken in fast verticaler Richtung.

Bremontier drückt sich noch entschieden
indem er sagt, »dafs in einem sehr tiefen Meere,
Wellen ohne Hindernifs ihrer natürlichen Bewegu
gen können, ein Pfropfen, ein Wachskügelchen, ein
Holz oder jeder andere auf den Wellen schwim
Körper nur eine Bewegung von oben nach unte
von unten nach oben hat; und wenn er sich für
Augenblick von der Verticale entfernt, er immer
ner früheren Lage zurückkehrt. Diese geringe
chung ist Wirkung der Schwere auf den zum V
herausragenden Theil des schwimmenden Körpers
cher herabzusinken sucht und wirklich, dem Gravit
gesetz gemäfs, herabsinkt. Wenn man einen Körp
nur wenig gröfserem specifischem Gewicht als d
Wassers auf das Meer wirft, so sinkt er desto lan
hinab, als der Unterschied zwischen diesen beide
cifischen Gewichten geringer ist, aber immer senk
Aus diesen Thatsachen schliefst Bremontier, da
eine Welle zusammensetzenden Theilchen, die geg

so wie überhaupt dessen Landsleuten, nicht bekannt zu seyn
die Bahn der Wassertheilchen bei der Wellenbewegung ge
stimmt, und auch durch anderweitige sehr sorgfältige Vers
Kleinen gefunden, dafs die schwingende Bewegung der Flü
theilchen selbst noch in einer Tiefe, welche der 350malige
lenhöhe gleich kommt, durch Vergröfserungsgläser und selt
mit blofsem Auge wahrnehmbar ist. — Selbst in dem neueren
eines französischen Hydrotechnikers, des Obersten Emy: „*Sur*
vement des Ondes etc.“ (dessen Uebertragung in's Deuts
Hrn. Prof. Wiesenfeld in Prag verdanken), ist die Beweg
Wassertheilchen in den Wellen keineswegs als eine blofs a
abgehende bezeichnet.

der im vollkommenen Gleichgewicht sind, ebenfalls rtical und absolut im Wasser sich heben und senken, ne die mindeste Störung gegen diese Fläche noch gen die Verticale zu erleiden.

Bremontier's Folgerungen sind falsch, wie man eiterhin sehen wird, und die von ihm erwähnten Versche unausführbar. In der That ist es unmöglich, daſs r Beobachter sich weit auf's unruhige Meer begeben, nd daselbst in Ruhe verweilen könne, um zu sehen, ein kleiner sphärischer Körper dort, je nach seiner ichtigkeit, oscillire oder vertical herabsinke. Selbst nn der Beobachter auf unruhigem Meer einen festen andpunkt hätte, würde er nicht erkennen, ob eine Bleigel senkrecht in's Wasser hinabsinke; denn die Wirng der durch die Wellenbewegung erzeugten Refraction t solchergestalt, daſs ein ruhig im Wasser befindlicher örper sich zu bewegen scheint.

Um einen entscheidenden Versuch anzustellen, müſste an, nachdem ein fester Standpunkt über dem Meere efunden worden, von einem und demselben Punkt eine wisse Anzahl kleiner Kugeln von gröſserer Dichte als s Wasser hinabsinken lassen, und untersuchen, in welher Anordnung sie auf den Grund des Meeres anlangen. Wenn die Bewegung der Wassertheilchen bloſs nkrecht ist, wie es Bremontier glaubt, so müssen ie Kugeln in der Verticale des Ausgangspunktes den oden erreichen, wogegen, wenn diese Bewegung zueich horizontal und vertical ist, sie sich ringsum die erticale ordnen und mehr oder weniger von derselben weichen müssen, je nach der Stärke der horizontalen räfte.

Unglücklicherweise ist es aber eben so schwierig zu tersuchen, was auf dem Meeresgrund vorgeht, als ein festen Standpunkt über der Meeresfläche zu finden. ithin kann der angedeutete Versuch nicht angestelltweren. Anders ist es mit dem umgekehrten Versuch, wel-

cher ziemlich einfach ist, und zu eben so entschiedenen Resultaten als der erste führt. In der That stellt man auf den Meeresboden ein Gefäfs, welches kleine Körper von geringerer Dichte als die des Wassers nach und nach entweichen läfst, so ist klar, dafs ein Beobachter in einem Boot wird beurtheilen können, in welcher Ordnung dieselben zur Oberfläche gelangen; mithin wird er auch entscheiden können, ob eine horizontale Schwingung stattfand oder nicht.

So bin ich verfahren, um die Folgerungen, zu denen ich mittelst der Kreisel-Maschine gelangte, zu prüfen.

Fig. 20 Taf. III zeigt den Luftblasen-Apparat, welchen ich anwandte. *AB* ist ein quadratisches Brett, 8 Decimeter in Seite, belastet mit dicken Eisenstäben *CC*. Ein Kegel *G* von Weifsblech, oben mit einer Oeffnung *K*, ist mit seiner Grundfläche auf dem Brett befestigt. *DA* eine rechtwinklich gekrümmte Eisenstange, mit einem Ende an dem Brett befestigt, an dem andern Ende in einem Ringe *D* endigend, welcher das zum Hinablassen der Maschine dienende Seil aufnimmt.

Der Kegel enthält Luft, die Blasen bilden soll, deren Gröfse man abändert, indem man die Oeffnung durch Pfropfen mit Löchern von verschiedener Weite verschliefst. Der Apparat wiegt 13 Kilogramm.

Beim ersten Versuch wurde er am Eingang des Hafens 7 Meter tief versenkt. Das Wasser war so klar, dafs man den Grund sehen konnte.

Es erwiefs sich, dafs die Wassertheilchen eine horizontale Schwingungsbewegung hatten; denn die Luftblasen stiegen in einer auf der Welle senkrechten Ebene in einer Schlangenlinie auf. Ein ausgespanntes Seil, das an einem Ende befestigt ist und am andern hin und her bewegt wird, stellt diese Curve ziemlich gut dar. Die Bewegung des Meeres war sehr schwach, und daher ging die Schwingungsweite nicht über zwei Decimeter.

Man brachte den Apparat an einen Ort des Meeres,

» die Tiefe drei Meter und die Wellenhöhe zwei Drit-
-Meter betrug. Die Schwingungsweite schien nicht be-
utender wie zuvor.

Die Anwendung dieser Maschine, die, wie man sieht,
nigen Unbequemlichkeiten ausgesetzt ist, erfordert ei-
ge Erläuterungen.

Wenn man bei grofser Tiefe experimentirt, wird die
ıft im Blechgefäfs zusammengedrückt, und also auf ein
eines Volum zurückgeführt. Jede Blase erleidet beim
ıfsteigen einen fortwährend abnehmenden Druck; sie
hwillt daher auf und zertheilt sich in mehre, ehe sie
ır Oberfläche gelangt. Inmitten dieser Gruppe von Bla-
n ist es schwierig die Schwingung zu unterscheiden.

Der Apparat ist also nur bei geringen Tiefen an-
endbar. Ueber 10 Meter hinaus giebt er im Allgemei-
n keine guten Resultate.

Man mufs auch ein stürmisches Meer vermeiden;
nn die Unregelmäfsigkeit der Wellenbewegung scha-
t sehr dem Urtheil über die relativen Lagen der Bla-
n. Die günstigste Zeit ist die, wo nach einer vom
Vinde erregten starken Bewegung die Luft wieder ruhig
ird. Das Meer behält dann noch Stunden lang seine
ewegung, ein System von sehr grofsen und glatten Wel-
n bildend, auf welchem die Lenkung eines Bootes keine
:hwierigkeit hat.

Ersetzt man die Luft durch gefärbtes Oel, so ver-
eidet man die eben bezeichneten Uebelstände, denn
e Blasen ändern ihr Volum nun nicht mehr mit dem
ruck, und da sie in Dichte wenig vom Wasser ver-
hieden sind, so kann das Auge sie leicht während ihres
ufsteigens verfolgen.

Wendet man Oel an, so mufs man den Apparat ein
enig abändern. Das konische Gefäfs mufs mit zwei
effnungen versehen seyn, eine zum Austritt des Oels,
e andere zum Eintritt des Wassers.

Mit dieser Abänderurg prüfte ich ihn bei 10 Meter

linie unterscheiden. Eine Messung zeigte, dass
Ablenkung der Blasen nahe ein Meter betrug.

Zur richtigen Bestimmung der Gröfse die
kung mufs man sich gegen die die Resultate
Strömungen in Acht nehmen, und untersuche
cher Richtung sie gehen, damit man die nöthig
tigungen an den Messungen anbringen könne.

An demselben Tage wurde der Apparat
entfernt von der Küste, in eine Tiefe von 14
senkt. Die Wellen hatten fast dieselben Di
wie beim früheren Versuch. Die Schwingungs
indefs gering; sie wurde auf 7 bis 8 Decimet.

Die eben beschriebenen Versuche beweise
dafs die Wassertheilchen in einem unruhigen
horizontale Schwingungsbewegung haben; alle
gen nicht, ob die Schwingung vom Meeresbod
zur Oberfläche statthabe, auch nicht, wie di
gungsweite sich ändert mit der Tiefe. Auf d
genstand werden wir in einer anderen Abha
rückkommen.

---

eines Projects zu einer Hafen-Anlage in *St. Gilles*, wo in der längs der Küste hinziehenden Korallenbank eine natürliche Durchfahrt ist.

Bei etwas ruhigem Meer kann man den kiesigen Sandgrund der Durchfahrt sehen, und man erblickt darin parallele wellenartige Unebenheiten (*ondulations*), deren Querschnitt wächst wie der Zustand des Meeres, der sie erzeugt hat. Den Abstand zweier benachbarter Vertiefungen und Erhabenheiten haben wir zu 30 bis 50 Centimeter ermittelt, und die Tiefe der ersteren unter den letzteren zu 10 bis 15 Centimeter.

In den Vertiefungen liegen die schwereren Substanzen, wie grober Sand, Grand und kleine Kiesel; auf den Erhabenheiten sieht man dagegen den feinsten Sand.

Wenn die wellenartigen Unebenheiten aus Substanzen von gleicher Gröfse aber ungleichem specifischem Gewicht bestehen, z. B. aus basaltischem und kalkigem Sand, so liegen die schwereren in den Vertiefungen, die leichteren auf den Gipfeln.

Diese Unebenheiten sind eine Wirkung der Wellen, und erklären sich leicht. Wenn das Wasser klar ist und man kann den Grund sehen, so hat jenes wenig Wirkung auf diesen; ist aber das Wasser aufgeregt, so werden alle Substanzen durch dasselbe in Bewegung gesetzt. So wie eine Welle abnimmt, wird ihre Wirkung schwächer, und es tritt ein Zeitpunkt ein, wo sie nicht mehr die schweren Substanzen bewegen kann. Alsdann findet eine Auslese, eine Art Scheidung statt. Die leichten Substanzen, die sich ausgeschieden, werden, wie früher, von den Wellen bewegt, aus den Vertiefungen auf die Erhabenheiten geführt, und die schwereren Substanzen bleiben liegen.

Wenn man sich in der Durchfahrt dem Eingang nähert, so bemerkt man, dafs die Unebenheiten immer ihren Parallelismus behalten, ihr Querschnitt aber immer mehr abnimmt. Dasselbe zeigt sich draufsen: die Unebenhei-

ten sind parallel unter einander und auch fast denen der Durchfahrt. Auch hier unterscheidet man Zonen von abwechselnd schwereren und leichteren Substanzen, bei glattem Meere noch in 20 Meter Tiefe.

Begiebt man sich noch weiter in's offene Meer und peilt, mit der Vorsicht, das Senkblei unten wohl einzutalgen, so sieht man, nach Heraufziehen dieses Bleis, die eben besprochenen Zonen in dem Talg abgedrückt. Zuweilen zieht man eine gleichförmige Zone von schweren Substanzen herauf, und dann hat der Talg eine convexe Gestalt; zuweilen bekommt man aber nur leichte Substanzen, und dann ist der Talg concav geformt. Bei großsen Tiefen endlich kann man zugleich zwei kleine Zonen von Substanzen von verschiedener Dichtigkeit heraufziehen, und alsdann erkennt man, daſs die schwereren eine Hervorragung und die leichteren eine Vertiefung im Talg bekleiden.

Diese Thatsachen haben uns zu der Einsicht geführt, daſs, in diesen Gegenden, die Bewegung des Meeres sich in eine Tiefe erstreckt, weit gröſser als die, welche von andern Beobachtern auf eine weniger genaue Weise ermittelt wurde.

Wir bedauern, daſs Mittel und Zeit uns nicht erlaubten, die Untersuchungen so weit fortzusetzen als wir wohl gewünscht hätten, da der Meeresgrund, wo wir operirten, sich oft durch Gemenge aus Substanzen von verschiedener Dichtigkeit und sehr verschiedener Farbe zu derartigen Beobachtungen eignet.

Die gröſste unserer Peilungen, deren Richtigkeit verbürgt werden kann, wurde im Nordwesten der Rhede von St. Paul ausgeführt, auf einem Grund von basaltischem Sand und Kies, wo sich das Daseyn der Zonen mit gröſster Deutlichkeit nachweisen lieſs. Sie erreichte eine Tiefe von *hundert acht und achtzig Meter* (578 Fuſs) [1]).

1) Hr. E. de Beaumont macht hiezu die Bemerkung, daſs das von

Wir haben Peilungen bis zu noch gröfseren Tiefen gemacht, führen sie indefs nicht an, weil sie nicht wiederholt wurden, obwohl uns höchst wahrscheinlich ist, dafs sie analoge Resultate geben.

VIII. *Ueber die Borsäure der Suffioni von Toscana; von Hrn. Payen.*

(*Ann. de chim. et de phys. S. III T. V p.* 247.)

Die Gegend, wo in Toscana die Borsäure gewonnen wird, ist höchst interessant. Der Boden daselbst ist im Allgemeinen abschüssig, unaufhörlich aufgelockert durch Ströme von Gasen und Dämpfen, die mitten aus kleinen Pfützen flüssige Kegel aufwerfen und sich darauf in weifs-

Hrn. S. gefundene Resultat an Interesse gewinne, wenn man die Tiefe, bis zu welcher sich die Wellenbewegung erstreckt, vergleiche mit derjenigen, wo man im Meere noch Thiere findet, die am Boden festgewachsen sind, und folglich abwarten müssen, dafs ihnen Nahrungsmittel vorübergeführt werden. Es scheine, dafs beide Tiefen einander nahe kommen, und nicht viel 200 Meter übersteigen.

Zur Stütze dieser Ansicht führt er eine Tafel von Broderip an, die De la Bèche in seinen *Researches in theoretical Geology* mittheilt, und aus welcher hervorgeht, dafs unter allen festsitzenden Muscheln die Terebrateln die gröfsten Tiefen ertragen, welche indefs nicht über 90 Fathoms oder 165 Meter hinausgeht.

Ferner bemerkt derselbe, dafs nach den Untersuchungen von Quoy und Gaymard, von Ehrenberg und von Darwin die angewachsenen Polypen nur in geringen Tiefen leben, dennoch aber Korallen an den Küsten der Algierei in sehr beträchtlichen Tiefen angetroffen würden. Milne Edwards selbst fischte bei Bona Korallen aus einer Tiefe von 100 Brasses oder 162 Meter; man hat sie zuweilen 120 Brasses oder 195 Meter tief angetroffen, und die Korallenfischer behaupten sogar in 150 Brasses oder 244 Meter.

Endlich bemerkt er, dafs die von Ellis bei Grönland aus einer Tiefe von 420 Meter herausgefischte Madrepore eine freie Madrepore mit hornigem Fufs gewesen sey.

lichen Wirbeln in die Luft erheben. Am Fuſse dieser Hügel befinden sich die Fabrikgebäude. Solcher Fabriken trifft man daselbst, in Abständen von ein bis zwei Kilometern, neun an; sie heiſsen Larderello, Monte Cerboli, San-Federigo, Castel-nuovo, Sasso, Monte-rotondo, Lustignano, Serrazzano und Lago. In diesen Anstalten, wo man (jährlich) 80 Millionen Kilogrm. (Wasser) verdampft und 750 000 Kilogrm. krystallisirter Säure gewinnt, erblickt man weder Maschinen noch Brennmaterial; alles ist das Werk der Suffioni!

Lange Zeit setzten sich dieser Industrie groſse Schwierigkeiten in den Weg, bis es Hrn. Larderelle gelang eine der bedeutendsten zu überwinden, die kostbare Holzfeuerung durch Anwendung der überall im reichlichen Maaſse aus den Boden hervordringenden Dämpfe zu ersetzen.

Bevor ich das gegenwärtige Fabrikationsverfahren beschreibe, die wahrscheinliche Theorie desselben auseinandersetze und die möglichen Verbesserungen angebe, will ich die Resultate meiner Untersuchungen über die Natur der Gase und der von ihnen in die Lagoni geführten Substanzen beschreiben.

Folgendes ist der Apparat, der uns gelang über eine der Mündungen der Suffioni aufzustellen, um die Gase aufzufangen.

Er bestand: 1) aus einem Bleicylinder *A* (Fig. 16 Taf. I) von 8 Millim. Wanddicke [1]); 2) eine Röhre *B* mit Hahn, die anfangs dazu diente durch einen groſsen Ueberschuſs von Dampf die Luft auszutreiben, und die dann, verschlossen, mit einer hölzernen Tonne *C* verbunden ward. Letztere hatte unten einen Krahn *D* und

1) Ungeachtet seines Gewichts und der Belastung mit Bohlen und Steinblöcken wurde dieser Cylinder zwei Mal von dem Dampfe gehoben. Eine Art Einklammerung und eine stärkere Belastung hielten ihn kaum während der Dauer eines Versuches fest, als ein Einsinken des Bodens und ein Gewitter-Regen bald noch geschadet hätte.

gemeinschaftete durch Röhren mit einer Flasche *e* und zwei grofsen Liebig'schen Apparaten, von denen der eine *f* eine Lösung von Aetzkali und der andere *g* Schwefelsäure enthielt; dieser mündete in ein zweites Holzfäfschen *H*, das einen Hahn *i* besafs und voll Wasser war.

Das erste Fäfschen *C* wurde auch mit Wasser gefüllt und dann durch *D* abgelassen, während man durch den Hahn *B* gemach Dampf einströmen liefs. Als auch Dampf durch den Hahn *D* austrat, schlofs man diesen, worauf die Gase, geregelt durch die Oeffnung der Hähne *B* und *i*, gleichmäfsig in die übrigen Theile des Appates eintraten.

Aus dem letzten Fäfschen wurden nun drei Flaschen mit Gas herausgenommen, indem man in den oberen Boden eine Röhre *j* steckte, die in eine mit Wasser gefüllte Flasche führte, welche zum Abfliefsen dieses Wassers mit einer zweiten Röhre *K* versehen war.

Die nicht geradezu verdichteten Producte wurden sonach theils von den Lösungen in den Kugelröhren, theils von den mit den Gasen der letzten Tonne gefüllten Flaschen zurückgehalten. Ihre Analyse oder die der in dem ersten Fäfschen oder den Lagoni aufgefangenen Flüssigkeiten gab:

Nicht verdichtete Gase	Kohlensäure	57,30	100
	Stickstoff	34,81	
	Sauerstoff	6,57	
	Schwefelsäure	1,32	

Die verdichtbaren Producte oder die von den Dampfströmen fortgerissenen Substanzen sind veränderlich, bestehen gewöhnlich aus Wasser, Thon, Sulfaten von Kalk, Ammoniak, Thonerde und Eisen, aus Chlorwasserstoffsäure, aus organischen Substanzen von Fischgeruch (*odeur de marée*) und endlich aus ein wenig oder keiner Borsäure. Allemal, wo sie enge Spalten oder poröse Körper durchdringen, setzen sie Schwefel ab.

Die Temperatur dieser Dämpfe, bestimmt mittelst ei-

nes Ausflufsthermometers, das in mehre Ausmündungen der Suffioni gesteckt wurde, ging von 97 bis 100° C.

Ungeachtet aller Sorgfalt dürfen ohne Zweifel die Resultate von Operationen, welche die Kenntnifs der Localitäten uns gegenwärtig besser einrichten lassen würde, nicht auf volle Genauigkeit Anspruch machen. Vergleicht man indefs diese ersten Angaben mit den folgenden Beobachtungen, so wird man von der Entstehung der Borsäure eine wahrscheinliche Theorie aufstellen können.

Diese Säure kann nicht erhalten werden, wenn man in sehr weiten und sehr langen Röhren selbst die Dämpfe der Suffioni verdichtet. Soll sie gewonnen werden, so müssen die Mündungen dieser unmittelbar von der Flüssigkeit der Bassins bedeckt seyn. Oft bemerkt man, dafs ein Theil des Wassers, welches im Moment absorbirt wird, wo man diese Lagoni füllt, mit den Dampfstrahlen wieder fortgeführt wird.

Sonach scheint die Ursache der Gasströme und die Temperaturerhöhung seit langen Jahren constant zu seyn, während die Erzeugung oder wenigstens die Ankunft der Borsäure an der Oberfläche des Bodens der Einführung des Wassers in die Suffioni untergeordnet seyn würde.

Wenn Meerwasser durch eine Spalte bis zu grofser Tiefe eindränge, daselbst auf eine sehr hohe Temperatur gebracht würde und es in den Suffioni einen Ausgang für die Dämpfe fände, so würden sich alle diese Erscheinungen erklären. Denn wenn der Dampf, gemengt mit fortgeschleudertem Wasser, über Ablagerungen von Borsäure ginge, würde er diese mit fortreifsen und durch die Reaction seiner eignen organischen Materie auf die Sulfate, welche es enthält, würden sich Sulfure bilden, aus denen die Borsäure Schwefelwasserstoff austriebe.

Diese Thatsachen gestatten auch eine mehr chemische Erklärung.

Gesetzt nämlich, mit Dumas, eine in sehr grofser Tiefe befindliche Ablagerung von Schwefelbor werde vom

Meerwasser erreicht, so würde eine lebhafte Reaction eintreten; es würden Borsäure und Schwefelwasserstoff und eine hohe Temperatur entstehen, die diese Producte, die aus der Zersetzung von Erd-Chlorüren entspringende Chlorwasserstoffsäure und das aus organischen Materien gebildete Ammoniak mit dem Wasser fortführte. Wenn die Reaction wenig entfernt von einer Kalkmasse vor sich ginge, so würde die vom Dampfstrom fortgeführte Borsäure den kohlensauren Kalk zersetzen und die Kohlensäure sich in aequivalenter Menge den übrigen Gasen hinzufügen; in einer gewissen Entfernung könnte die sublimirte Borsäure Ablagerungen bilden, und je nachdem das Wasser der Lagoni bis zu diesem Punkt herabsänke oder nicht, würde der Strom abermals Borsäure mit fortführen oder nicht.

Die vom Meerwasser gelieferte oder vielmehr von den in Bewegung begriffenen Gasen herbeigerufene Luft dränge in die Spalten des Bodens ein, und bewirkte, in Gegenwart des Schwefelwasserstoffgases, die Bildung der Schwefelsäure. Diese ihrerseits bildete Sulfate von Kalk, Ammoniak, Thonerde und Eisen, indem sie den Kalk dem Kalkstein, das Ammoniak den Dämpfen, die Thonerde und das Eisen dem Thone entzöge. Die Bildung oder Lösung dieser Salze in den Gewässern nahe an der Oberfläche des Bodens erklären die Auflockerung dieses. Der Schwefel und etwas Sauerstoff, welche die verschiedenen in den Suffioni und den schlammigen Wässern der Lagoni enthaltenen Substanzen begleiten, würden eine Folge der zufälligen Eindringung von Luft seyn [1]).

Die in den neuen Fabriken getroffenen Einrichtungen

1) Vielleicht hätte eine andere Ursache grofsen Einfluſs auf die Bildung der Borsäure, nämlich die Reaction der Schwefelsäure, falls sie unter den Massen des aufgelockerten Bodens reichlich da wäre, auf den ursprünglich gebildeten borsauren Kalk. Vielleicht gelänge es mittelst Bohrversuche und zweckmäſsig geleiteter Analysen einige dieser Niederlagen von borsauren Kalk zu entdecken.

sind bis auf geringe Abweichungen gleich. Sie bestehen darin, dafs man ringsum jeden Mittelpunkt von Irruptionen, wo zwei oder mehre starke Suffioni hervordringen, Becken aufmauert und mit Letten ausstreicht, darauf in das oberste dieser Becken oder Lagoni *A* (Fig. 17 Taf. I) das Wasser benachbarter Quellen leitet. Nachdem diefs Wasser 24 Stunden darin verweilt hat, und durch die Dampfströme beständig durch einander gerührt worden, zieht man von einer Röhre *o* den Zapfen ab und läfst sämmtliche Flüssigkeit durch eine Rinne (vergröfsert in *mn* der Figur) in das nächst untere Becken *B* fliefsen, wo sie eine gleiche Zeit bleibt, um sich etwas mehr mit Borsäure und den begleitenden Substanzen zu beladen. So fährt man fort die Lösung nach einander in die Lagoni *C*, *D* zu leiten, und ersetzt zugleich die aus einem Bekken ausgeflossene Flüssigkeit durch die, welche in einem höher gelegenen enthalten ist [1]).

Die concentrirteste Lösung der letzten Lagoni *D* wird in einem Behälter, von 6 Meter im Quadrat und 1 Meter Höhe, *Vasque* genannt, abgelassen, wo sie 24 Stunden bleibt, um den gröfsten Theil des Schlammes abzusetzen.

Die darüber schwimmende Flüssigkeit wird abgelassen, entweder in einen zweiten Behälter (*vasque*) *F* oder direct in zwei Reihen (Batterien), jede von sieben Bleipfannen *G*, *G*, die 2,9 Met. in Quadrat auf 0,35 Met. Tiefe halten, und mittelst starker Holzsparren auf einem stufenförmigen Mauerwerk ruhen, welches den Dampf einiger Suffioni in *H* eintreten läfst, um frei unter die stufenweise stehenden Pfannen (*caldaï*) aufzusteigen, bis oben der Ueberschufs frei, aufserhalb des Gebäudes, entweicht. In den Behältern (*vasque*) zeigt die Lösung der Borsäure gewöhnlich 1° bis 1°,5 Baumé.

1) Alle Versuche, durch Verdichtung der Dämpfe in den Röhrenleitungen, die Borsäure direct zu erhalten, waren unfruchtbar; man gewann nur ein saures Wasser, das keine Borsäure enthielt.

Die ersten vier Pfannen jeder Doppelreihe füllt man damit, indem man durch den oberen Zapfen *p* die klare Flüssigkeit abzieht.

Nach Verlauf von 24 Stunden, nach welchen die Flüssigkeit etwa auf die Hälfte ihres Volums gebracht ist, leitet man sie mittelst Heber *i* in die beiden nächsten Pfannen jeder Reihe, und ersetzt sie durch neue aus dem Vasque. Vier und zwanzig Stunden später, da die Lösung wiederum auf das halbe Volum abgedampft ist, zieht man sie mittelst Heber in die letzte Pfanne jeder Reihe, während man die oberen wie zuvor auf's Neue füllt. Die Abdampfung in diesen beiden letzten Pfannen dauert noch 24 Stunden. Man giefst in sie noch die Mutterlauge einer früheren Krystallisation. Das Gemenge zeigt alsdann 10° bis 11° B. bei 78° bis 85° C. Hierauf zieht man die Lösung ab und bringt sie in die Krystallisirgefäfse *A* (Fig. 18 Taf. I), nämlich hölzerne mit Blei gefütterte Kübel, von 0,78 Met. Durchmesser auf 1 Met. Höhe.

Das Product einer 72stündigen Abdampfung, jeden Tag aus einer Batterie von 14 Pfannen genommen, giebt durch Krystallisation 90 Kilogrm. verkäuflicher Borsäure. Während der Abdampfung bilden sich reichliche Absätze von schwefelsaurem Kalk, die man aus den Pfannen herausstöfst.

Sobald die Krystallisation beendigt ist, läfst man die Mutterlauge ab, um sie in die letzten Abdampfpfannen zu füllen. Man bringt die Säure in die Körbe *C*, läfst sie dort austropfen, und bringt sie dann in die Trockenkammer *D*, wo man sie in eine 8 Centimeter dicke Schicht ausbreitet, und von Zeit zu Zeit mit der Schaufel umsticht. Wenn sie, in die Hand genommen, die Haut nicht mehr befeuchtet, bringt man sie in Haufen, und verführt sie in Säcken nach Pomerance, von wo man sie in Fässer verpackt und weiter nach Livorno versendet.

Die Trockenkammer aus Ziegel erbaut, hat einen doppelten Boden, zwischen denen der Dampf einer Suffioni circulirt.

Die verschiedenen Fabriken enthalten von einer bis fünf Batterien von 14 bis 16 Pfannen und von drei bis 35 Lagoni, jede. In der Fabrik von Larderello, der bedeutendsten von allen, giebt es 84 Abdampfpfannen.

Die gröfsten, unregelmäfsig runden Lagoni haben 15 bis 20 Meter Durchmesser und die kleinsten 4 bis 5. Ihre Tiefe geht von 1,5 bis 2,5 Meter. Die Flüssigkeit erlangt darin eine Temperatur von 93° bis 95° C.

Die Operationen dieser Fabriken greifen vollkommen in einander ein. Unglücklicherweise wächst die Unreinheit der Säure von Jahr zu Jahr; vielleicht rührt diefs her von einer fortschreitenden Veränderung des durch die Dampfströmung zerrütteten Bodens und von den Infiltrationen der Gewässer [1]). Die ersten Producte enthielten 90 bis 92 Procent reiner krystallisirter Säure; gegenwärtig enthalten sie 18 bis 25 Procent fremdartiger Substanzen.

Diese Unreinigkeiten schaden manchen Anwendungen; sie erhöhen unnützerweise die Transportkosten. Man würde sie entfernen, wenn man die ausgetropfte Säure stark auspresste, das Product methodisch auswüsche und die Mutterlaugen für sich behandelte, die, zur Benutzung, Alaun, und, zum Fortwerfen, Rückstände von Gyps, Thon u. s. w. liefern würden.

Dafs man das Maximum der Ausbeute schon erreicht

1) Das Geschäft der Arbeiter ist nicht ohne Gefahr. Genöthigt die Lagoni zu füllen und zu leeren, die häufigen Beschädigungen an dem Mauerwerk und den Leitungsröhren auszubessern, auf einem aufgelockerten, unaufhörlich sich verändernden Boden, geschieht es oft, dafs dieser unter ihren Füfsen einsinkt und sie durch den Dampf und die siedenden Wässer mehr oder weniger schwere Brandwunden erhalten. Bei unserem Besuch der Lagoni wäre Hr. Brugnelli beinahe ein Opfer eines solchen Unfalls geworden.

reicht habe, ist nicht wahrscheinlich. Um sich davon zu überzeugen und die günstigen Bedingungen zu einem gröſseren Ertrage aufzufinden, müſste man untersuchen, ob es zugängliche Niederlagen von borsaurem Kalk gebe, und die Wässer der Lagoni, nachdem sie eine bestimmte Zeit mit den Dämpfen in Berührung gewesen sind, oft analysiren. So würde man finden, welche Proportionen von Säure den verschiedeneren Umständen entsprächen. Vielleicht würde ein öfteres Aufschütten von kaltem Wasser auf die trocken gelegten Suffioni günstig seyn für eine reichlichere Gewinnung der in den unterirdischen Niederlagen enthaltenen Säure.

IX. *Ueber das allgemeine galvanometrische Gesetz; von J. C. Poggendorff.*

(Eine am 28. Nov. d. J. in der Acad. vorgetragene Notiz.)

Aus dem, was ich in einer früher der Klasse gemachten Mittheilung gezeigt habe [1]), geht hervor, daſs für alle galvanometrischen Instrumente, bei denen das Drahtgewinde oder, allgemein gesprochen, der vom Strom zu durchlaufende Leiter unverrückt im magnetischen Meridian gehalten wird, wie übrigens dieser Leiter auch gestaltet seyn möge, die Beziehung zwischen der Stromstärke i und der Ablenkung n der Magnetnadel ganz allgemein und streng zum Ausdruck hat:

$$i = \frac{\sin n}{\sin(n+m)},$$

worin m eine Function von n ist, zwar von unbekannter Form, aber solcher Beschaffenheit, daſs sich die zusammengehörigen Werthe von m und n für jedes indi-

1) S. Annal. Bd. LVI S. 324.

viduelle Instrument experimentell bestimmen lassen, sobald das Drahtgewinde oder der Stromleiter um eine senkrechte Axe drehbar ist.

Es ist klar, dafs, wenn diefs Gesetz ein allgemeines ist, es auch noch für den Fall gültig seyn mufs, wo, vermöge der Gestalt des Drahtgewindes u. s. w., die Stromstärke auch blofs durch eine einfache Function der Ablenkung ausgedrückt werden kann. In einem solchen Falle nun läfst sich die Form der m und n verknüpfenden Function theoretisch angeben, und dadurch ist man zugleich im Stande zu prüfen, ob das Instrument der Function zwischen i und n, für welche es construirt worden ist, wirklich in aller Strenge und für den ganzen Umfang des Quadranten Genüge leistet.

Soll z. B. die Stromstärke proportional seyn der Tangente des Ablenkungswinkels, so mufs man nach dem eben Gesagten offenbar setzen können:

$$\frac{\sin n}{\sin(n+m)} = a . \tang n.$$

Daraus fliefst die Relation:

$$\tang n = \frac{\frac{1}{a} - \sin m}{\cos m}$$

und diese mufs vom Instrument erfüllt werden, wenn es wirklich eine Tangentenbussole seyn soll.

Ob dem so sey, läfst sich nur ermitteln, wenn der Stromleiter oder das Drahtgewinde um eine senkrechte Axe drehbar ist, und beobachtet wird, ob bei einer und derselben Stromstärke die entsprechenden Werthe von m und n, d. h. der Winkel des magnetischen Meridians und der Nadel gegen das Gewinde, für alle Stellungen dieses letzteren, der zweiten Gleichung Genüge leisten. Hieraus wird die Zweckmäfsigkeit, ja Nothwendigkeit, hervorleuchten, allen dergleichen Instrumenten, z. B. der gewöhnlichen Tangentenbussole, dem von W. Weber zur Messung absoluter Stromstärken angegebenen Instru-

ment u. s. w., eine Drehbarkeit um eine senkrechte Axe zu verleihen, zumal damit der Vortheil verknüpft ist, sie auch als Sinusbussole gebrauchen zu können, wodurch ihre directen Angaben zwar an Umfang verlieren, dafür aber auch an Genauigkeit und Zuverlässigkeit gewinnen.

X. *Notizen.*

1) *Regen ohne Wolken.* — Am 2. Mai d. J. 9 Uhr Abends, bei vollkommen reinem, dunkelblauem oder vielmehr schwarzem Himmel, ruhiger Luft, und einem, was selten ist für Paris, im Westen ganz dunstlosen Horizont, begegnete es Hrn. Babinet, dafs ihm während eines Ganges vom Platz des Instituts bis zu den Tuilerien, etwa 10 Minuten lang, ein sehr feiner und sehr kalter Regen in's Gesicht schlug, der indefs nicht den Boden erreichte, daher auch eine ihn begleitende Person die Erscheinung nicht für einen wahren Regen gelten lassen wollte. Dann setzt er hinzu, die Sterne funkelten nicht im Mindesten. Etwas später beobachtete ich die Sterne σ und τ des Schwans, welche mit dem berühmten No. 61 ein gleichschenkliches Dreieck bilden, und dadurch zur Auffindung dieses letzteren dienen. Den Stern No. 61 selbst konnte ich aber nicht entdecken, obgleich der Glanz der beiden andern anzudeuten schien, dafs der Himmel dazu hinlänglich klar sey. Der Grund davon war der gänzliche Mangel des Funkelns; denn nach Hrn. Arago's so glücklicher Theorie dieses Phänomens mufs dabei der Glanz eines Sterns abwechselnd stärker und schwächer seyn als er ohne Funkeln seyn würde. Die *stete Unsichtbarkeit* schwach glänzender Sterne ist also eine Anzeige gänzlicher Ruhe der Luft. Ich zweifle nicht, dafs man beim Vergleiche der Sichtbarkeits-Intermittenzen kleiner Sterne mit den Angaben des Arago'-

schen Apparats zur Messung des Funkelns eine volle Bestätigung des neuen meteorologischen Satzes finden würde: *dafs die stete Unsichtbarkeit der Sterne fünfter und sechster Gröfse, bei beständiger Sichtbarkeit der von vierter, eine grofse Ruhe der Luft in der ganzen Höhe der Atmosphäre beweist.* (*Compt. rend. T. XIV p.* 766.)

2) *Ueber Ebbe und Fluth im Golf von Neapel.* — Hr. Antonio Nobile hat im Auftrage der Academie zu Neapel die Oscillationen des Meeres daselbst in den Monaten September, October, November, December 1840, Januar, Juli, August 1841 stündlich beobachten lassen, und zwar in dem kleinen Angelhause des Pallastes Cirelli von Santa Lucia, einem Orte, der nur durch zwei enge Oeffnungen mit dem Meer in Gemeinschaft steht, so dafs die grofsen, vom Winde verursachten Bewegungen, wenn sie daselbst merkbar sind, doch wenigstens sehr geschwächt erscheinen. Der Nullpunkt der Skale, an welcher die Wasserstände abgelesen wurden, ergab sich durch ein sorgfältiges Nivellement als 8,2878 Meter unter dem Fufsboden des grofsen Saals im ersten Stock des Pallastes Cirelli liegend. Die Resultate dieser Beobachtungen sind folgende:

1) Ungeachtet der grofsen atmosphärischen Schwankungen treten die Fluthungen des Meeres immer deutlich hervor. Die Springfluthen (*marées maxima*) finden ein oder zwei Tage nach der Syzygie statt.

2) Der mittlere Wasserstand entspricht $0^m,601$ der Skale, liegt also $7^m,6868$ unter dem Fufsboden des grofsen Saals im Pallast Cirelli.

3) Die Einheit der Höhe ist $0^m,180$.

4) Die Hafenzeit von Neapel (*Etablissement du Port*, d. h. der Eintritt der vollen Fluth nach dem Meridiandurchgang des Neumonds (*P.*)) ist $9^h\ 42'$ Abends. Für den *mittleren Wasserstand bei verschiedenen Winden* fand Hr. N. folgende Resultate:

WSW. =0m,6817	SSO. =0,6457	ONO. =0,5821	O. =0,5167
SSW. =0 ,6702	OSO. =0,6230	SO. =0,5721	Stille =0,4909
W. =0 ,6662	WNW. =0,6080	NO. =0,5765?	N. =0,4785
SW. =0 ,6519	S. =0,6056	NW. =0,5457	NNO. =0,4583

Der höchste Wasserstand tritt also ein bei WSW., der niedrigste bei NNO.; dasselbe geschieht an der ganzen Westküste des Königreichs Neapel (*Compt. rend. T. XV p.* 566. — Vergl. Hällström in dies. Annal. Bd. LVI S. 626. — In demselben Bande d. *Compt. rend. p.* 563 giebt auch Hr. Chazalon Beobachtungen über Ebbe und Fluth zu *Toulon*, während der Syzygien i. J. 1841 angestellt, aus welchen das Daseyn des Phänomens daselbst ebenfalls deutlich hervorgeht. So fand er z. B. am 18. Aug.

3h 40'	die	Ebbe	705	Millm. Wasserstand
8 20	-	Fluth	892	- - -
15 0	-	Ebbe	727	- - -
21 0	-	Fluth	1000	- - -

Die Stunden sind von Mitternacht gezählt; der mittlere Wasserstand entspricht 870 Mllm. der Skale. Die Abendfluth war also höher als die Morgenfluth, und so fand er es immer. (Windes-Richtung ist nicht angegeben.)

3) *Mittlere Dichtigkeit der Erde.* — Cavendish fand sie =5,48, Reich =5,44, und kürzlich Baily =5,67 [1]). Welche dieser Angaben kommt der Wahrheit am nächsten? — Wir wagen nicht diese Frage zu beantworten, möchten dagegen die folgende aufwerfen: Kann überhaupt die Mitteldichte der Erde genau bestimmt werden? — Wir stehen nicht an, darauf mit Nein zu erwiedern. So wenig, streng genommen, die allgemeine Gestalt der Erde ermittelt werden kann, sobald sie nicht die eines Sphäroïdes ist, so wenig läfst sich die mittlere Dichtigkeit unseres Planeten genau bestimmen, sobald derselbe nicht schon eine gleichförmige Dichte besitzt. Die Voraussetzung einer Gleichförmigkeit der Dichte bil-

1) Siehe S. 453 dieses Bandes.

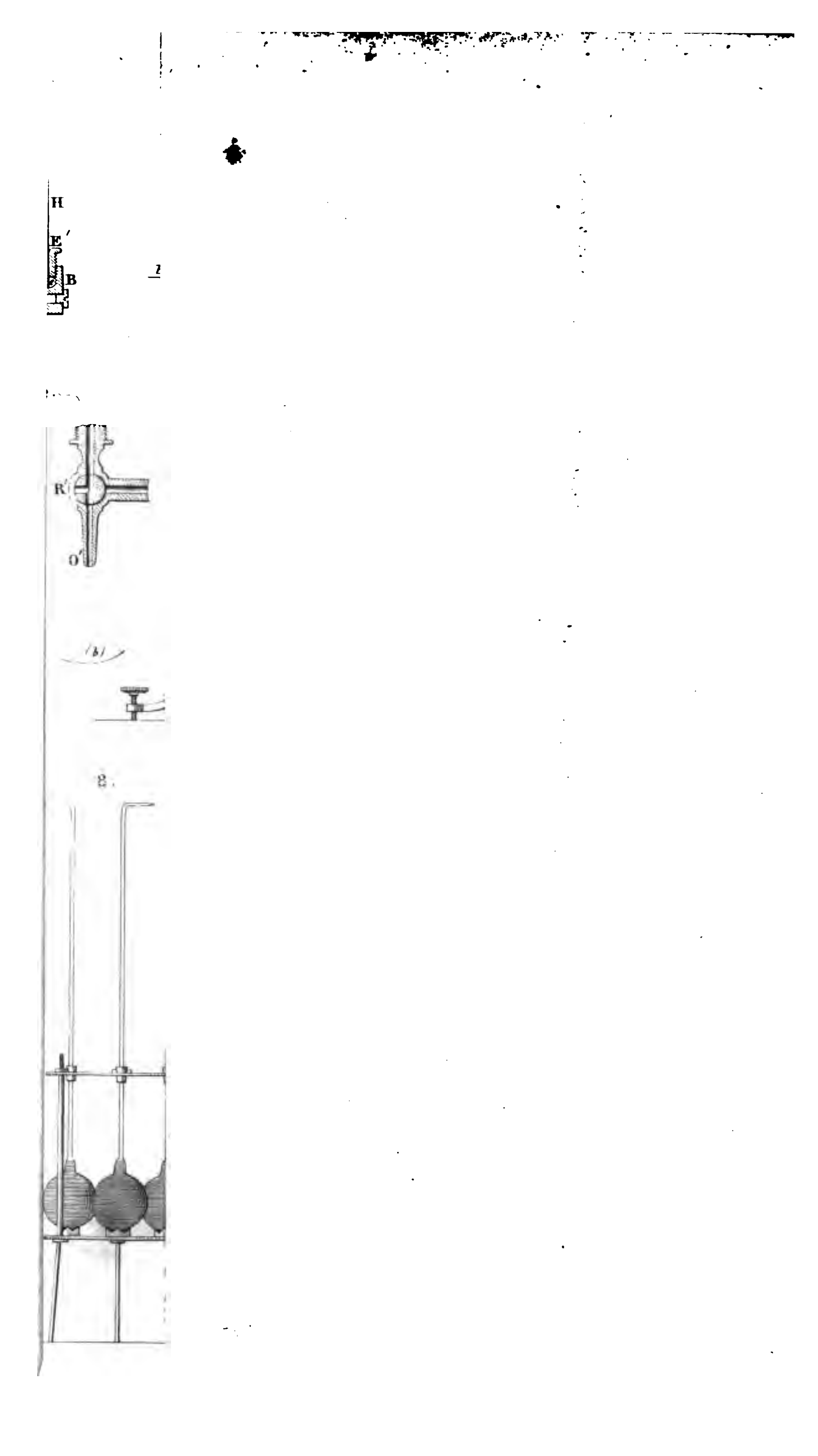
det die Grundlage, auf welcher aus den Versuchen m[illegible] der Torsionswage, wie aus denen mit dem Pendel, di[illegible] Resultate hergeleitet werden; sie ist aber bekanntlich un[illegible] richtig, und eine andere aufzustellen sind wir in unse[illegible] Unkunde über die Zunahme der Dichte mit der Tie[illegible] bisher nicht vermögend gewesen. Vielleicht wird es i[illegible] der Zukunft gelingen; bis dahin können aber nothwe[illegible] dig alle Bestimmungen der mittleren Dichte des Erdkö[illegible] pers, wie sorgfältig sie auch von experimenteller Seit[illegible] ausgeführt seyn mögen, nur ungewisse Annäherungen zu[illegible] Wahrheit liefern. (*P.*)

4) *Optische Constanten*, von Miller bestimmt. — *Turmalin*, ein Prisma aus einem farblosen Krystall, das zwar nicht die dunklen Linien im Spectrum, wohl aber die helle Linie in der Alkoholflamme sehen liefs, gab $a = 1,6366$; $b = 1,6193$. Ein Scheibchen, senkrecht auf der Axe, 0,68 Zoll dick, gab in Luft den Durchmesser des dunkelsten Theils des ersten Ringes $= 7^\circ\ 30'$. Für den hellsten Theil des Sonnenspectrums gaben der *Dioptas* $a = 1,667$; $b = 1,723$ und der *Anatas* $a = 2,554$; $b = 2,493$; a ist der Brechungsindex des ordentlichen Strahls aus Luft in den Krystall; b dagegen die Geschwindigkeit des Lichts in der Luft dividirt durch die im Krystall für den aufserordentlichen Strahl senkrecht auf der Axe. Beim farbigen Turmalin kann, wegen der Absorption des aufserordentlichen Strahls, b bekanntlich nicht bestimmt werden. (*Phil. Mag. Vol. XXI p.* 277.)

B e r i c h t i g u n g e n.

Zum Band LVI, Aufsatz von G. Rose:
Seite 617 Zeile 7 von unten lies unausgebildeten statt ausgebildeten.
— 620 — 9 von oben l. Oligoklaskrystalle st. Albitkrystalle.
— 620 — 13 von ob. Oligoklas st. Albit.
— 621 — 18 von unt. tombakbraun st. schneeweifs.

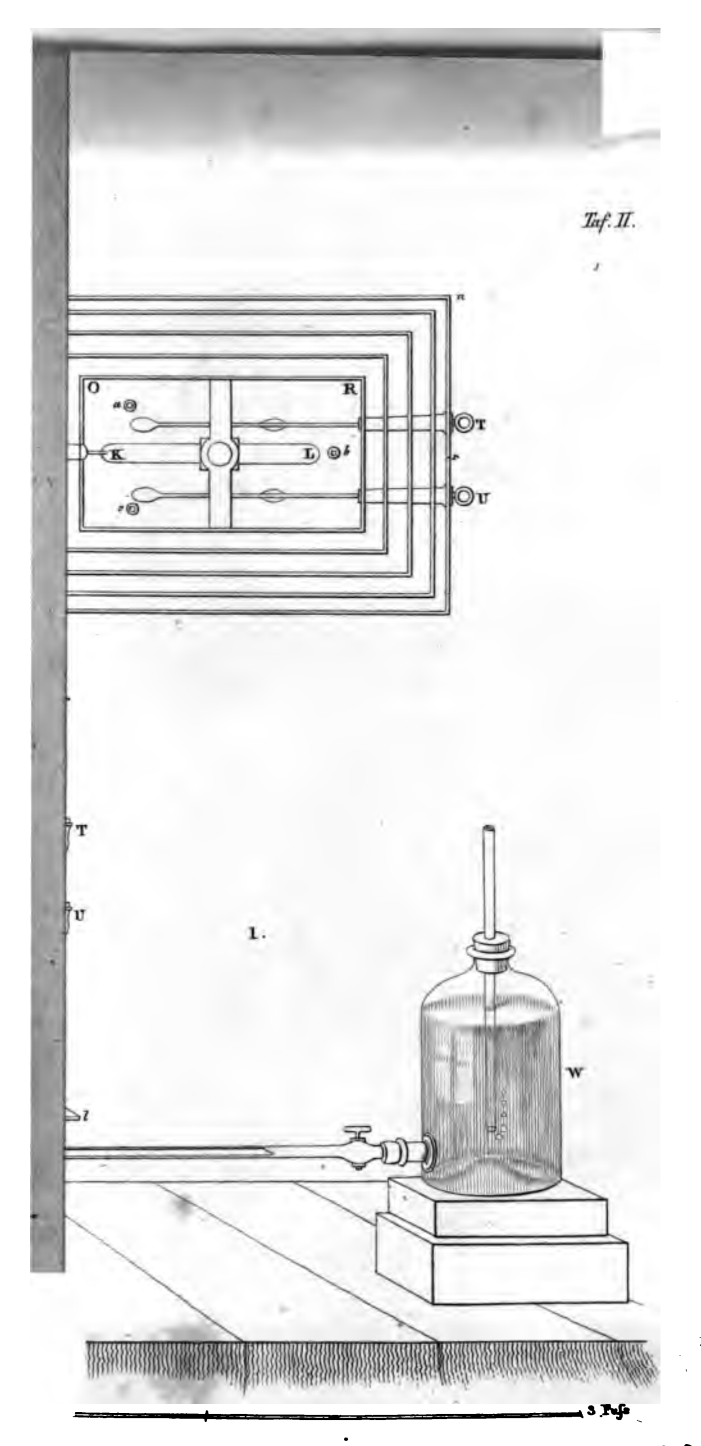
Zum gegenwärtigen Bande:
Seite 34 Zeile 11 von unten lies Elektricität statt Elasticität.
— 266 — 19 von oben l. traubensaures st. traubenförmiges, und dann 25,01 Kali st. 26,01 Kali.
— 266 — 23 von oben fehlt 34,26 vor Alkalien.



H
E
B
R
O
(b)

en mit
el, die
ch un-
nserer
Tiefe
es in
hwen-
dkör-
Seite
n zur

t. —
, das
aber
gab
auf
sser
ür


O
R
a
K
L
b
c
T
U
n
r
T
U
1.
l
W
3 Fuſs

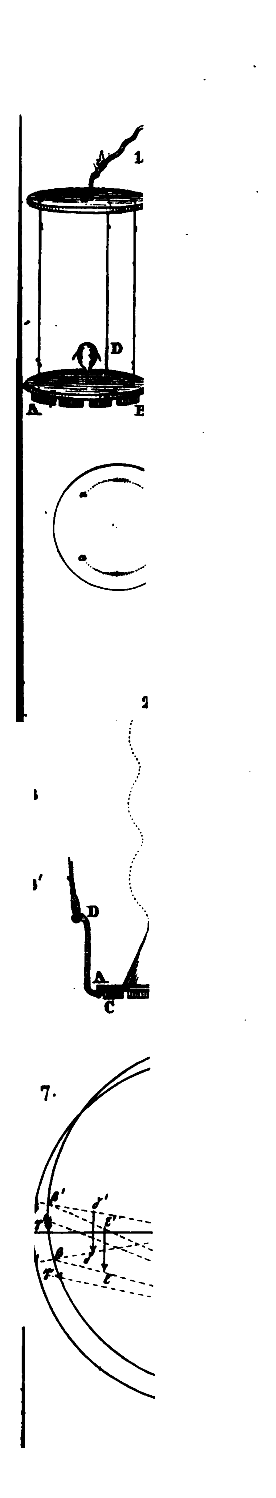






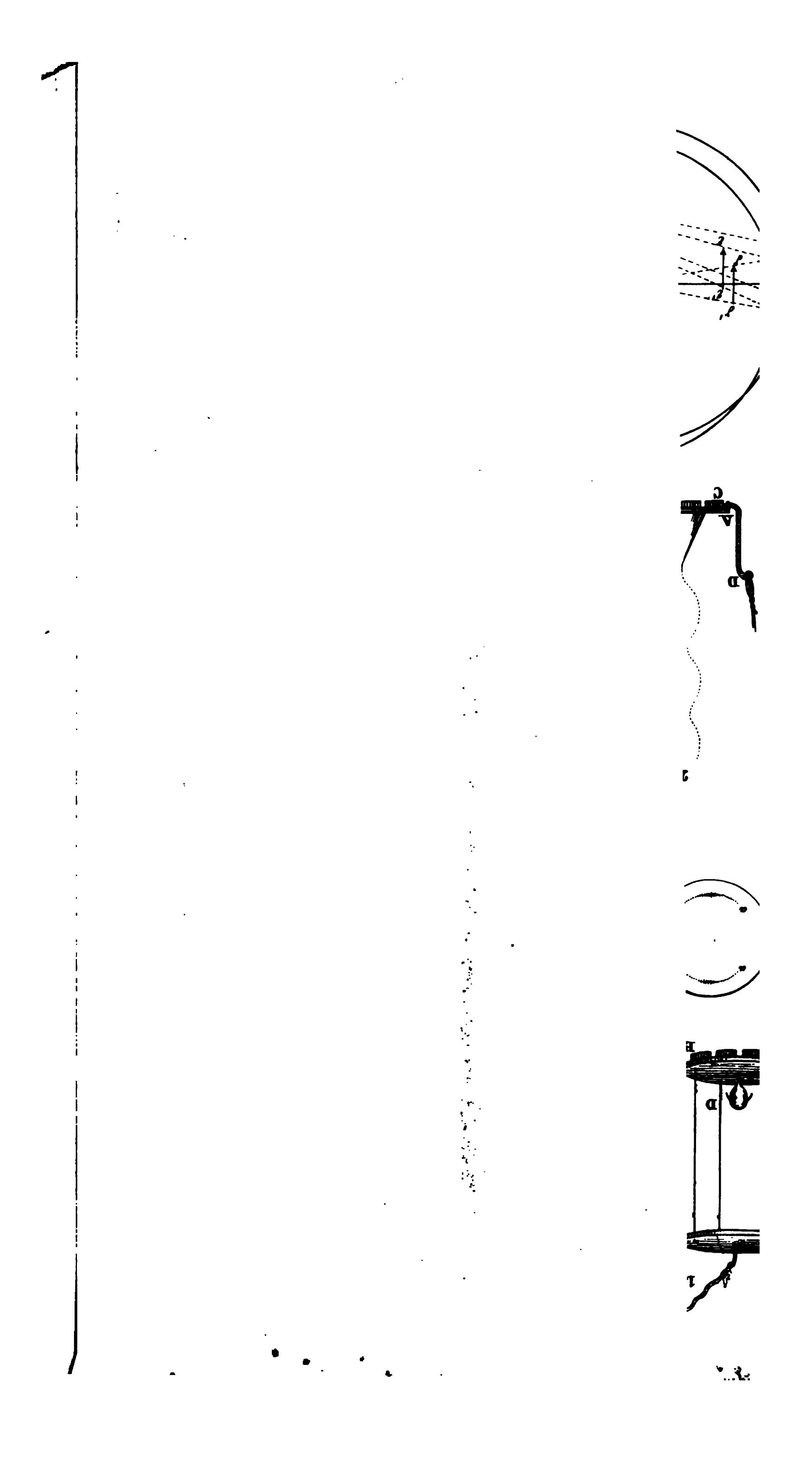


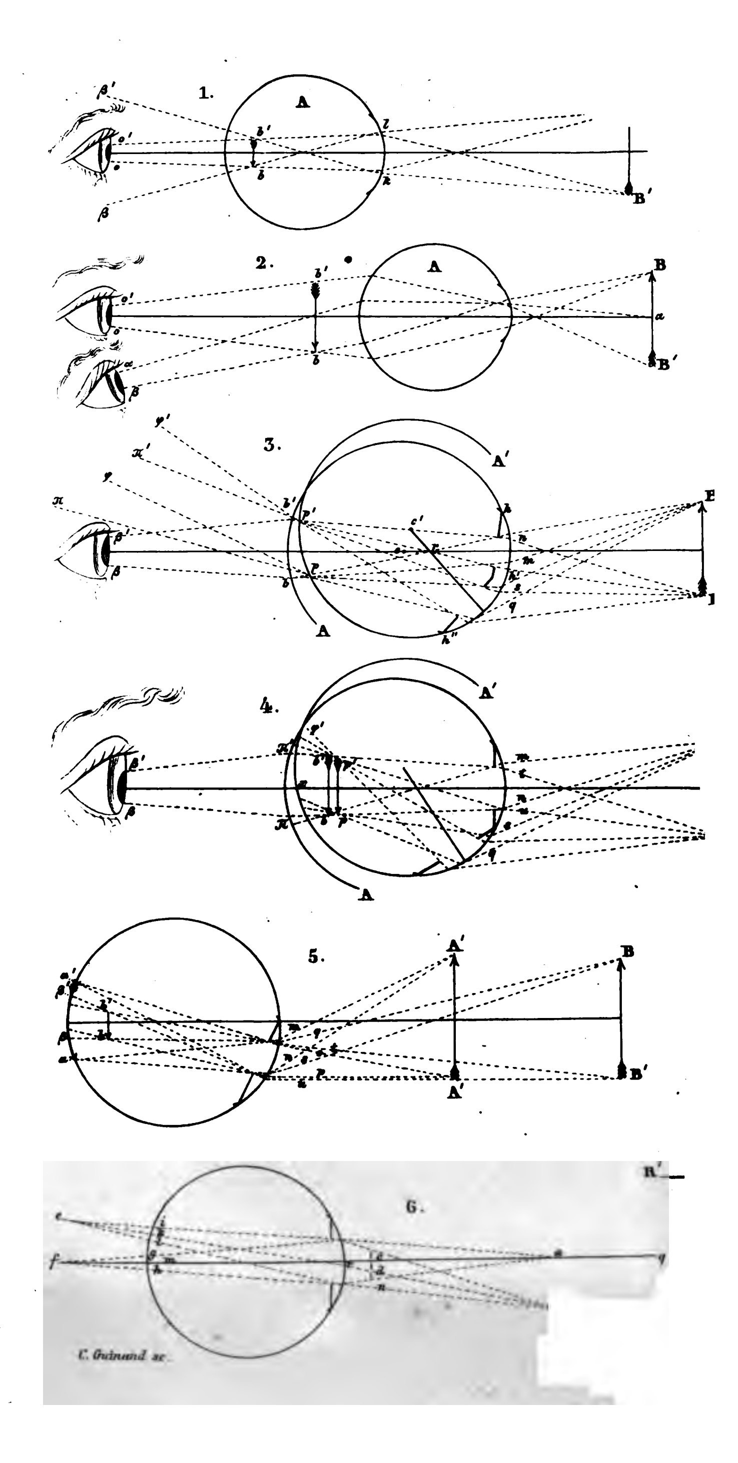




1
D
A
E
2
D
A
C
7.







1.
2.
3.
4.
5.
6.
C. Guinand sc.









